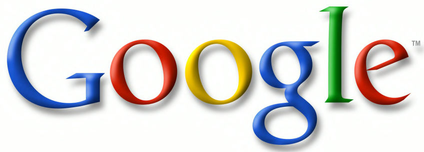




ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS

DE BELGIQUE.

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES, INDUSTRIELS OU ADMINISTRATIFS, CONCERNANT L'ART DES CONSTRUCTIONS, LES VOIES DE COMMUNICATION ET L'INDUSTRIE MINÉRALE.

TOME XXXI.



BRUXELLES
IMPRIMERIE FÉLIX CALLEWAERT PÈRE
26, RUE DE L'INDUSTRIE, 26

1873.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

RAPPORT

SUR LES

SYSTÈMES DE TUBES PNEUMATIQUES

EMPLOYÉS EN ANGLETERRE

POUR LE

TRANSPORT DES DÉPÊCHES TÉLÉGRAPHIQUES A COURTE DISTANCE;

PAR

M. F. DELARGE,

INGÉNIEUR DES TÉLÉGRAPHES.

Ce rapport rend compte d'une mission que M. le Ministre des Travaux Publics a bien voulu confier à l'auteur de ce mémoire.

L'auteur adresse ici ses remercîments à M. l'ingénieur en chef Culley, à M. l'ingénieur Eaton, à M. Willmot, ainsi qu'à MM. Siemens frères, pour les facilités qu'ils lui ont accordées dans l'accomplissement de sa tâche et pour les renseignements qu'ils lui ont communiqués avec une entière obligeance.

Les premières tentatives qui ont été faites pour transporter des voyageurs ou des colis, au moyen de la pression atmosphérique, remontent à une époque

assez reculée (1) : en 1810, l'ingénieur danois Medhurst proposa de faire circuler des marchandises et des paquets de la poste à l'intérieur d'un tube, par la pression atmosphérique.

Plus tard, Vallance, ingénieur anglais, fit le projet de transporter des personnes et des marchandises entre Londres et Brighton, dans un tube en fonte, au moyen d'air raréfié. Un essai provisoire fut fait avec des tuyaux en bois de 2 mètres de diamètre.

Medhurst modifia ensuite la disposition qu'il avait adoptée en premier lieu : il imagina de faire agir le piston dans un tube de petit diamètre, muni, à la partie supérieure, d'une fente longitudinale fermée par une soupape hydraulique, et de transmettre l'action du piston, au moyen d'une tige glissant dans cette rainure, à des wagons placés extérieurement sur des rails. Ce système ne pouvait être adopté que sur des chemins horizontaux; il avait, en outre, le grave inconvénient d'être mis hors de service par l'action de la gelée.

En 1834, Pinkus, ingénieur américain, ayant en vue d'améliorer la disposition précédente, se fit breveter, à Londres, pour un système de soupape en corde. Cet essai et d'autres que fit Pinkus ne donnèrent pas de résultats satisfaisants.

En 1838, MM. Clegg et Samuda, ingénieurs anglais, imaginèrent une soupape en cuir qui fonctionna avec une régularité suffisante pour faire mettre en pratique les transports par pression d'air. Leur système fut essayé d'abord en France, puis appliqué sur une longueur de 3 kilomètres, entre Kingstown et Dalkey, en prolongement du chemin de fer de Dublin à Kingstown. Il fut ensuite adopté pour la construction des chemins

(1) Voir, pour plus de détails, le *Traité élémentaire des chemins de fer*, par A. Perdonnet, et le *Handbuch fur specielle Eisenbabn Technik*, par Edmond Heusinger von Waldegg.

de fer de Londres à Croydon et d'Exeter à Newton. Enfin, il fut admis en France, avec quelques modifications, sur le chemin de fer de Nanterre à St-Germain.

Des considérations nombreuses, dont une des plus importantes est l'élévation des frais d'exploitation, ont fait abandonner ce moyen de locomotion. La cause principale de ces dépenses exagérées résidait dans l'impossibilité d'empêcher complétement la rentrée de l'air par la soupape longitudinale et d'éviter le passage de l'air entre le piston et les faces intérieures du tuyau, à cause des vibrations que subissait le piston par le mouvement du train. A St-Germain l'expérience a duré 14 ans; elle a cessé en 1865.

Après Clegg et Samuda, plusieurs ingénieurs cherchèrent, mais sans succès, à perfectionner la soupape longitudinale. Nous citerons Hallette d'Arras, Hediard et Arnollet qui s'occupèrent de cette question en 1844, Talbot, Zambaux, Mallat et Crelle.

En 1846, MM. Clark et Varley adoptèrent une disposition analogue à celle de MM. Clegg et Samuda, mais les tuyaux, fendus à la partie supérieure, étaient en fer forgé et étaient portés par des brides. Un essai fut fait, sur un petit parcours, à la station de Poplar, sur le chemin de fer de London-Blackwall. On constata que le système de fermeture était avantageux et que le frottement du piston était faible. Malgré ces garanties, aucun essai pratique ne fut exécuté sur une plus grande échelle. Le motif de l'abandon des expériences était peut-être le discrédit dans lequel étaient tombés à cette époque les chemins de fer atmosphériques, à la suite des essais nombreux qui avaient été tentés de 1840 à 1848.

Quant à l'envoi de dépêches par pression d'air, la première expérience fut faite, d'après l'abbé Moigno, par Ador, en 1852, dans le parc de Monceau. En 1854,

M. Galy Cazelat, en France, et M. L. Clark, en Angleterre, prirent un brevet pour un système de transport de paquets et de lettres dans des étuis en fer blanc. M. Clark établit, vers la même époque, au bureau télégraphique central de Londres, Telegraph Street, quelques tubes de faible longueur dans lesquels il fit circuler des étuis dans les deux sens au moyen du vide.

En 1863, M. C. F. Varley compléta cette installation en utilisant l'air comprimé pour l'envoi des étuis dans un sens, et l'air raréfié pour la transmission dans l'autre. M. Varley imagina, en outre, différents systèmes de valves que nous décrirons plus loin.

Enfin, MM. Siemens et Halske établirent à Berlin, en 1865, entre le bureau télégraphique et la Bourse, des tubes pneumatiques d'une disposition particulière : deux tuyaux furent posés l'un à côté de l'autre et reliés à une de leurs extrémités de façon à former un circuit complet ; les deux extrémités libres aboutissant au bureau télégraphique furent mises en relation avec deux réservoirs, l'un d'air comprimé, l'autre d'air raréfié, alimentés par le travail non interrompu d'un piston à double effet, mis en mouvement par une machine à vapeur. De cette façon, un courant d'air traverse continuellement les tubes dans une même direction et l'un d'eux sert au transport des étuis dans un sens et l'autre au transport en sens inverse. Le développement du circuit est de 1,866 mètres. Depuis 1865, un second circuit, d'un développement de 3,750 mètres, a été mis en service. Les bureaux qu'il dessert sont, outre le bureau télégraphique central, Potsdam-Thor et Brandebourg-Thor.

Ce même système, modifié quant aux détails, fut appliqué à Londres en 1870.

Les tubes pneumatiques du système de M. Clark, modifié par M. Varley, ainsi que ceux de M. Siemens,

fonctionnant maintenant en Angleterre, nous en donnerons plus loin une description détaillée.

Ces appareils sont, avec les tubes pneumatiques de Berlin et ceux qui existent à Paris, les seuls moyens de transport par pression d'air actuellement en service.

A Paris, les tubes pneumatiques ont été mis en exploitation en mars 1867. Les appareils installés au bureau de la rue Boissy-d'Anglas se composaient de trois cuves en tôle, dont une à eau, de sept mètres cubes de capacité et deux à air de $5^{m^3}900$. Des communications étaient établies à volonté entre ces trois cuves, et le tube par lequel étaient expédiés les télégrammes aboutissait, au moyen d'un tuyau muni d'un robinet, à une des cuves à air. A la cuve à eau étaient reliés un tuyau amenant l'eau de la ville qui sert à comprimer l'air et un tuyau de vidange. En admettant l'eau dans une des cuves jusqu'à ce qu'elle soit complétement remplie, on réduit le volume de l'air qui occupait les trois cuves de $18^{m^3}800$ à $11^{m^3}800$; la pression intérieure devient donc 1,6 atmosphères.

L'air comprimé transporte les étuis dans un sens. Le mouvement en sens inverse peut se faire par le vide que l'on produit en laissant écouler l'eau introduite dans la cuve.

Ce système est d'une disposition très-simple, mais il ne peut être appliqué que dans le cas où l'on a à sa disposition et sans frais de l'eau en quantité suffisante. En effet, ainsi que nous l'indiquerons dans la suite, les moteurs à eau utilisant toute la hauteur de chute ne peuvent être employés avantageusement dans les grandes villes où l'eau se vend à un prix assez élevé. Or, dans le cas qui nous occupe, la pression que l'on obtient dans le réservoir est indépendante de la hauteur de chute. Le seul avantage que l'on recueille d'une grande hauteur motrice consiste dans la rapidité de

l'écoulement de l'eau, d'où résulte l'augmentation du nombre des envois que l'on peut faire dans un temps donné (1).

Avant d'aborder l'examen des tubes pneumatiques de Londres, nous compléterons les renseignements historiques qui précèdent par la mention des essais qui ont été faits en dernier lieu pour transporter des voyageurs ou des colis.

Après l'établissement de ses tubes pneumatiques, c'est-à-dire en 1859, M. L. Clark forma avec les ingénieurs anglais Rammel une société (the pneumatic dispatch Company) ayant pour but d'appliquer la pression atmosphérique aux transports de toute nature. Ils construisirent à Londres, en 1863, un chemin de fer atmosphérique, d'une longueur de 550 mètres environ, reliant la station d'Euston Square au North Western District Office. Les sacs et les paquets de la poste étaient transportés dans les tubes mêmes. Ceux-ci étaient en fonte et avaient une forme elliptique, tronquée par un radier plan ; l'axe vertical était de $0^m,84$ et l'axe horizontal de $0^m,76$. Les tuyaux avaient une longueur de $2^m,75$; ils étaient assemblés par des joints au plomb et formaient deux courbes de 33 mètres de rayon et une de $12^m,16$. La pente de la conduite variait de $\frac{1}{80}$ à $\frac{1}{100}$. Un chariot à quatre roues, de $2^m,40$ de longueur, glissait sur deux rails placés à la partie inférieure du tube. Le moteur était un ventilateur de $6^m,38$ de diamètre, mis en mouvement par une machine à vapeur à traction directe. Deux tuyaux, communiquant, l'un avec l'axe du ventilateur, l'autre avec le tambour qui entourait les ailes, étaient mis à volonté en relation avec le tube, selon qu'il s'agissait d'y produire le vide ou la pression pour la

(1) Nous avons appris, dans le courant de l'année 1872, que l'Administration française s'occupe de remplacer les cuves à eau, servant à comprimer l'air, par des moteurs à vapeur.

marche dans l'un ou l'autre sens. Le ventilateur faisait 100 à 110 tours par minute ; la pression de l'air était de $\frac{1}{90}$ à $\frac{1}{120}$ d'atmosphère, ce qui représente un effort sur le piston de 46 à 62 kilogrammes. La vitesse était de 8m,3 par seconde. En 1863, 15 transports avaient lieu par jour. Les frais étaient de fr. 0,50 par chaque voyage double du chariot.

L'exploitation de cette ligne a été abandonnée le 26 octobre 1866. Les conditions dans lesquelles elle se faisait étaient désavantageuses. Le trafic étant peu considérable, la majeure partie du charbon devait être brûlé pendant le repos de la machine, pour maintenir la pression de la vapeur dans les chaudières. La dépense inutile était donc très-forte (1).

Il est à remarquer que cet essai, ainsi que ceux qui le suivirent, se rapprochent du premier projet de Medhurst, en ce que les objets à transporter se trouvaient placés à l'intérieur du tube.

En 1864, M. Rammel établit à Sydenham, près du palais de Cristal, un chemin de fer atmosphérique, de 547 mètres de longueur, transportant des voyageurs. La disposition était analogue à la précédente. Le tube était en briques ; il avait 3 m. de hauteur et 2m,73 de largeur. Les voitures étaient garnies d'un bourrage en soie qui, par son frottement contre les parois du tunnel, s'opposait au passage de l'air. Les voitures contenaient 30 à 35 personnes. Le trajet se faisait en 50 secondes. La pression était de $\frac{1}{96}$ d'atmosphère. Le ventilateur

(1) Nous avons appris, peu avant de livrer ce travail à l'impression, que la conduite pneumatique d'Euston Square à North Western District Office vient d'être prolongée jusqu'au General Post Office, avec station intermédiaire à Holborn. La longueur de la nouvelle section est de 1,533 mètres. Les procédés employés pour le transport sont ceux décrits ci-dessus. Quelques essais ayant pour but de démontrer la possibilité de la circulation des chariots ont seulement été faits, jusqu'à présent, sur la section complète. L'expérience démontrera si, dans les conditions actuelles, le trafic est suffisant pour que l'exploitation soit avantageuse.

avait $6^{m},38$ de diamètre. Un accident étant arrivé aux appareils, on n'a pas cru devoir les réparer et l'expérience a été interrompue.

En 1865, s'est formée à Londres la société Waterloo and Whitehall Railway Company, au capital de fr. 3,375,000, ayant pour but de relier par un chemin de fer atmosphérique les stations de Waterloo et de Charing Cross. Les travaux ont dû être achevés au commencement de 1870, mais la mise en exploitation n'a pas encore eu lieu.

Une autre société, l'East London Railway Company, au capital de fr. 35,000,000, s'est aussi constituée pour relier par des chemins de fer atmosphériques différentes lignes de chemin de fer de Londres. La longueur totale à construire était de 12 à 15 kilomètres. Le tunnel creusé sous la Tamise aurait été utilisé pour cette entreprise. En ce moment, aucune de ces lignes n'est livrée à l'exploitation.

En Italie, deux projets ayant pour but de franchir les Alpes ont été présentés par MM. Edwards et Daigremont. Malgré les avantages que semble présenter un système atmosphérique, lorsqu'il s'agit de gravir de très-fortes rampes, la Commission, présidée par M. Negretti, qui fut chargée de leur examen, ne les a pas approuvés.

Enfin, nous mentionnerons, pour terminer ce résumé, qu'en Amérique, l'ingénieur John H. Ward a aussi conçu un projet analogue à celui de M. Rammel.

Il ressort de l'énumération qui précède que, malgré les nombreuses recherches qui ont été faites, la question du transport de voyageurs ou de colis par des tubes atmosphériques n'a pas encore été résolue de façon à en rendre l'application économique. Par contre, la transmission des télégrammes par ces tubes a donné d'excellents résultats dans les villes de grande importance.

Nous allons nous occuper de la description des appareils de ce dernier genre qui étaient en service à Londres, lors de notre visite, en juin 1871.

Ainsi que nous l'avons dit, ces tubes sont du système de M. Clark, modifié par M. Varley, et de celui de MM. Siemens frères.

Ils aboutissent tous au bureau central des télégraphes, Telegraph Street, où sont installées les machines motrices. Quant au système primitif de M. Clark, il n'existe plus que dans une seule direction, entre deux salles du bureau central, la Provincial Gallery et l'Intelligence Department. Il se compose comme il suit :

Un tuyau en plomb, de $0^m,019$ de diamètre, relie ces deux bureaux. Les deux extrémités de ce tuyau sont mises, à volonté, en communication avec le réservoir de vide. Lorsqu'un des bureaux veut expédier un étui, il place celui-ci dans le tuyau et il prévient l'autre bureau d'ouvrir son robinet de vide. La pression atmosphérique fait, dès lors, avancer l'étui. La manœuvre est identique pour le mouvement dans les deux sens. La demande d'ouverture du robinet est transmise au moyen d'un sifflet monté sur une des extrémités d'un tuyau de $0^m,012$ de diamètre, qui s'étend d'un bureau à l'autre et que l'on fait communiquer avec le réservoir de vide par l'autre extrémité. Chaque bureau dispose d'un tube avertisseur.

Système de M. Clark modifié par M. Varley.

Ce système est appliqué sur 16 directions, dont une n'est pas en service. 7 de ces tubes sont munis de valves imaginées par M. Varley ; les autres ont des valves d'une disposition plus simple, construites par M. Willmot. A part cette différence, la disposition est la même dans les deux cas ; les tuyaux et les étuis sont identiques et

les mêmes machines servent pour toutes les directions. Un seul tube est placé entre le bureau central et un quelconque des bureaux en relation (à moins que le trafic ne soit assez considérable pour exiger l'adjonction d'un deuxième appareil semblable au premier). Des étuis contenant les télégrammes à faire parvenir sont expédiés du bureau central au bureau extrême au moyen de l'air comprimé, et ils sont transmis du bureau extrême au bureau central au moyen du vide que l'on fait à ce dernier. Les valves de transmission et de réception ne se trouvent qu'au bureau central.

Les tuyaux sont en plomb ; ils ont $0^m,038$ de diamètre dans certaines directions et $0^m,0571$ dans d'autres. Leur épaisseur est de $0^m,005$ dans le premier cas et de $0^m,006$ dans le second. Leur longueur est de $5^m,50$. Deux tuyaux sont réunis bout à bout, au moyen d'une soudure qui doit être faite avec le plus grand soin, afin d'éviter que la moindre aspérité ne se forme intérieurement à cet endroit. On introduit, à cette fin, dans les deux extrémités des tubes que l'on rapproche, un manchon en acier que l'on a préalablement chauffé et qui a exactement le diamètre de la conduite; on applique ensuite la soudure sur le joint. L'opération terminée, on retire le manchon au moyen d'une chaîne à laquelle il est attaché.

Avant d'assembler les tuyaux, on amène ceux-ci au diamètre voulu en les faisant traverser par un manchon en acier dont les bords antérieurs sont arrondis. Le manchon est fixé à une chaîne qui passe sur un treuil. Avant cette opération, les tuyaux ont un diamètre un peu inférieur à celui du manchon. Lorsqu'ils sont calibrés, afin de ne pas les déformer, on les transporte aux endroits où ils doivent être posés dans des caisses en bois ouvertes par le haut.

Ces tuyaux sont enfouis dans le sol à une profondeur

de 0,^{m}60 environ. Ils sont ensuite protégés par un tuyau en fonte d'un diamètre suffisant pour contenir les points de soudure. Ces tuyaux en fonte ont 0,^{m}005 d'épaisseur et sont assemblés par emboitement, avec fermeture au chanvre recouvert de plomb.

Le plus petit rayon que l'on donne généralement aux courbes des tuyaux est de 2^{m},44. Dans les courbes, les tuyaux en fonte sont faits de deux pièces ; la partie supérieure est fixée, après le placement des tuyaux en plomb, au moyen de boulons qui traversent les collets des deux parties.

Aucun réservoir d'eau n'est placé sur la conduite ; le peu d'humidité qui est entraînée par l'air comprimé est absorbée par le feutre qui recouvre les étuis.

Les étuis sont en gutta-percha (Pl. III, fig. 8) ; ils ont 0^{m},004 d'épaisseur et 0^{m},145 de longueur totale ; le diamètre extérieur du cylindre de gutta-percha est de 0^{m},037 pour les tuyaux de 0^{m},057. La partie antérieure de l'étui est plus épaisse afin de résister au choc qui se produit à l'arrivée. Une bande élastique, de 0^{m},015 de largeur, entoure l'étui dans le sens de sa longueur et en recouvre partiellement l'extrémité ouverte de façon à empêcher que les télégrammes ne s'échappent pendant le transport. Une enveloppe de feutre ordinaire recouvrant le tout évite que, par le frottement direct contre les parois du tuyau, la gutta-percha ne s'échauffe et ne se ramollisse. Cette enveloppe a la forme d'un entonnoir à l'extrémité ouverte, afin que, par l'effet de la pression de l'air, le feutre soit comprimé contre les parois du tube et forme obturateur. Une série de rondelles de feutre, appliquées contre l'extrémité antérieure de l'étui, tendent aussi à former piston et protègent la gutta-percha contre les effets des chocs.

Ces étuis ont une très-grande durée. Après deux mois de service, on renouvelle ordinairement l'enveloppe de

feutre et l'élastique. Les frais sont de fr. 0,20 pour le feutre, fr. 0,20 pour l'élastique et fr. 0,20 de main-d'œuvre.

Nous décrirons maintenant les valves spéciales qui servent à l'expédition et à la réception des étuis. Quant aux machines motrices, nous nous en occuperons après avoir exposé le système de MM. Siemens.

Valves de M. Varley.

Ces valves sont représentées dans les figures 1, 2 et 3, Pl. I ; elles fonctionnent de la manière suivante :

Lorsqu'il s'agit de recevoir un étui d'un bureau correspondant, on appuie sur le bouton B : une soupape placée dans la boîte V s'ouvre et met le réservoir de vide en communication avec les cylindres C et D, par l'intermédiaire des tuyaux *h* et *j*; par l'effet de la pression atmosphérique, le piston du cylindre *c* s'abaisse et ferme hermétiquement le couvercle de la boîte E (ce couvercle est formé d'une glace portée par un encadrement en cuivre, lequel est garni de caoutchouc sur ses bords). En même temps, le piston du cylindre D se lève et est maintenu à la partie extrême de sa course par l'arrêt *a* de sa tige, qui vient reposer sur la saillie de la pièce *t*, laquelle pièce oscille autour de son extrémité supérieure et est pressée par un ressort en acier contre la tige du piston. Le mouvement de cette tige ouvre une valve qui met le cylindre H en communication avec le réservoir de vide. Dès ce moment, le vide se fait dans la boîte E et dans la conduite souterraine, le tuyau T mettant la boîte E en communication avec le cylindre H et la conduite souterraine aboutissant par le tuyau S à la boîte E. L'étui qui a été placé préalablement à l'extrémité de cette conduite est dès lors attiré vers la boîte E et, à son arrivée dans celle-ci, il coupe lui-même, de

la manière suivante, les communications avec le réservoir de vide :

En butant contre la rondelle de caoutchouc *r*, figurée en traits pointillés, il ouvre, par sa force vive, une valve qui fait communiquer les boîtes E et I : le vide se fait dans la boîte I et dans le cylindre K qui sont réunis par le tuyau *g* ; le piston de ce cylindre est poussé en arrière et sa tige agissant sur le levier à charnière *p* fait glisser la tringle *q*, laquelle écarte la pièce *t* de l'arrêt *a*. Comme le vide n'agit plus au-dessus du piston du cylindre D, ce piston retombe par son poids et ferme la communication avec le réservoir de vide. En même temps, le clapet *v* ayant été ouvert par le mouvement du levier *p*, l'air atmosphérique pénètre dans le cylindre H et dans la conduite souterraine ; à ce moment, le couvercle de la boîte E, qui était maintenu fermé par la pression atmosphérique sur sa surface, tombe par son propre poids. L'appareil se trouve dès lors dans les conditions normales, prêt à fonctionner de nouveau.

Pour expédier un étui, on place celui-ci dans le tuyau S et on presse ensuite le bouton B^2 : l'air comprimé se rend dans le cylindre L par le tuyau *l* et en fait avancer le piston ; celui-ci ferme la valve M, qui bouche, dans cette position, l'extrémité de la conduite souterraine. Lorsque le piston a dépassé l'orifice *b* du tuyau *d*, l'air comprimé se rend par ce tuyau *d* dans le cylindre N, le piston de ce cylindre est poussé au bas de sa course et maintenu dans cette position d'une façon analogue à celle que nous avons indiquée plus haut pour le cylindre D ; l'air comprimé se précipite dans le cylindre H et dans la conduite souterraine et l'étui est chassé à l'extrémité de celle-ci. A son arrivée, l'agent préposé au service avise le bureau central au moyen d'une sonnette électrique ordinaire. Alors, à ce dernier bureau, l'opérateur appuie sur le bouton B^1 : le

réservoir de vide est mis en communication avec les cylindres L et K par les tuyaux *m* et *g*, le piston du cylindre L ouvre la valve M, et le piston du cylindre K, en dégageant, comme nous l'avons vu, la tige du piston du cylindre N, ferme la soupape d'entrée de l'air comprimé et ouvre, en même temps, la valve *v*. La pression atmosphérique se rétablit alors dans la conduite souterraine.

Ces appareils fonctionnent avec beaucoup de régularité. Le seul inconvénient qu'ils offrent est d'être compliqués et de coûter assez cher : le prix d'une valve complète est de fr. 1,500.

M. Willmot a simplifié la disposition de ces valves. Les appareils de son système fonctionnent à Londres sur neuf directions et sont adoptés par l'administration pour les installations à faire dans l'avenir.

Les fig. 1 et 2, Pl. II, représentent la dernière disposition de ces valves. T est le tuyau qui forme le prolongement de la conduite souterraine.

Pour recevoir un étui, on bouche l'extrémité inférieure de ce tuyau en relevant le clapet à charnière C, lequel est garni de caoutchouc, puis on tourne le robinet V qui fait communiquer le réservoir de vide avec le tuyau S et la conduite T : le vide se produit dans celle-ci, le clapet est maintenu fermé par la pression atmosphérique et l'étui est attiré. A son arrivée, en vertu de la force vive qu'il possède, il ouvre le clapet C ; le choc qui se produit détruisant sa vitesse, il reste attiré par la pression atmosphérique contre l'ouverture O du tube S. Dès que l'agent préposé à la manœuvre voit tomber le clapet C, il ferme le robinet V et alors l'étui, n'étant plus maintenu par la pression extérieure, tombe hors du tuyau T par son propre poids.

L'envoi d'un étui se fait de la manière suivante : On place celui-ci dans le tuyau T, et on tire à la main, par

la menotte *m*, la glissière formée par les tiges *g* et la traverse *d*; les tiges *g*, qui sont fixées invariablement à la traverse *d*, glissent dans leur support, la traverse *d* vient buter contre l'arrêt *b* que porte la tige *f* et entraîne cette dernière dans son mouvement; l'obturateur K, fixé à l'extrémité de cette tige *f*, vient alors fermer l'extrémité du tube T. Dès que cette fermeture est complète, le plan incliné *h*, fixé sur une des tiges *g*, rencontre le galet *j* et, en le repoussant, ouvre une valve placée à l'intérieur du cylindre L, et établit ainsi une relation entre le réservoir d'air comprimé et les tuyaux M et T. L'étui s'avance alors dans la conduite souterraine et lorsque son arrivée est annoncée par les vibrations de la sonnette électrique, on repousse la glissière dans sa position normale.

Si la tige *f* était reliée invariablement à la traverse *d*, il faudrait un certain effort pour repousser la glissière, à cause du frottement qu'engendrerait l'excès de pression sur la face supérieure de l'obturateur K. C'est pour éviter cet inconvénient que l'on fait glisser la tige *f* dans la traverse *d*, entre les limites correspondantes aux arrêts *b* et *l*. L'arrêt *b* fonctionne comme nous l'avons dit; l'arrêt *l* sert lorsqu'on repousse la glissière : alors les tiges *g* et la traverse *d* glissent d'abord seules et la tige *f* reste immobile; pendant ce temps, le plan incliné *h* quitte le galet *j* et l'air comprimé cesse de pénétrer dans le tuyau T ; alors la traverse *d* rencontre l'arrêt *l* et la tige *f* entraîne l'obturateur K avec la plus grande facilité.

Ces valves coûtent fr. 375 pour les tuyaux de 0,038 et fr. 625 pour les tuyaux de 0,057.

La plupart des pièces qui composent les valves de l'un et l'autre système sont en laiton. Ces pièces sont fixées contre deux fortes planches (fig. 1, 2 et 3, Pl. I.) dont une verticale et l'autre horizontale. Cette dernière

forme tablette et reçoit les étuis à expédier et ceux arrivés des bureaux correspondants.

Dans tous les bureaux extrêmes, l'arrangement est le même, quel que soit le système de valves :

L'extrémité de la conduite souterraine débouche dans une boîte en bois, de forme cubique, de $0^m,35$ de côté. La face antérieure est munie d'une porte, avec panneau en verre, basculant autour de deux charnières fixées à l'arête horizontale supérieure et s'ouvrant de dehors en dedans. Cette caisse repose sur une autre, de dimensions plus fortes, doublée intérieurement en plomb. Un tuyau en plomb, communiquant avec les égouts de la ville, aboutit à la partie inférieure de cette caisse. Une grille en fonte, placée dans le panneau qui sépare les deux caisses, permet à l'air de passer d'un compartiment à l'autre et s'oppose à ce que les étuis tombent dans le réservoir inférieur.

Lorsqu'on veut expédier un étui, on le place dans l'extrémité du tube et on prévient le bureau central de faire le vide.

Lorsqu'on reçoit un étui, l'air que celui-ci chasse devant lui ferme le couvercle de la boîte et s'échappe à travers la grille, sans incommoder l'opérateur.

La communication avec les égouts est, en outre, nécessaire pour évacuer l'eau que l'on foule dans les tubes dans le but d'expulser les étuis qui s'y sont arrêtés accidentellement. Ce cas est extrêmement rare, mais des dispositions spéciales doivent, néanmoins, être prises pour faire disparaître cette entrave au travail. A cette fin, au bureau central, un tuyau amène les eaux de la ville jusque dans la salle des appareils. Lorsque le tube est bouché par un étui, on le remplit d'eau et on fait ensuite agir l'air comprimé à la plus forte pression que l'on puisse obtenir. Les tubes pneumatiques aboutissant au troisième étage, la pression de la colonne d'eau

s'ajoute à celle de l'air comprimé. Ce moyen est toujours efficace.

L'étui étant expulsé, on dessèche le tube de la manière suivante :

A son entrée dans le bâtiment, la conduite est reliée, par un tuyau partant du point dont le niveau est le plus bas, à une caisse munie de deux robinets ; l'un de ces robinets sert à l'écoulement de l'eau et l'autre établit une communication avec le réservoir de vide. Le tuyau de raccordement avec la conduite souterraine est lui-même muni d'un robinet. On ouvre celui-ci après avoir tourné celui d'écoulement et, lorsque toute l'eau est évacuée, on ferme le robinet d'écoulement et on ouvre celui de vide : l'humidité qui restait dans les tubes est alors entraînée par l'aspiration qui se produit.

Nous avons dit que les signaux nécessaires à la manœuvre des tubes sont transmis au moyen de sonnettes électriques. Ces sonnettes n'offrent rien de particulier, sauf, qu'au lieu d'être à mouvement de trembleur, elles ne donnent qu'un coup de marteau par chaque envoi de courant. A chaque réception d'un signal, un disque tombe en face d'une ouverture ménagée dans la boîte de la sonnette et reste dans cette position tant qu'on ne le relève pas à la main.

Les instructions en vigueur pour l'échange des signaux sont résumées dans le tableau suivant :

Signaux pour la manœuvre des tubes.

« Signaux transmis au bureau où » se trouvent les machines par un » bureau extrême :	« Signaux donnés à un bureau » extrême par le bureau où se trou- » vent les machines :
» 1 coup (●) Faites le vide pour re- » cevoir un étui.	» 1 coup (●) L'étui est reçu.
» 2 coups (●●) Cessez la pression, » l'étui est reçu.	» 2 coups (●●) J'envoie un étui.

Signaux généraux à l'usage des deux bureaux.

« 3 coups	(●●●)	Placez dans le tube un étui vide.
» 4 »	(●● ●●)	Attente.
» 4 *a* »	(● ●● ●)	Oui.
» 5 »	(●● ● ●●)	Avez-vous reçu l'étui ?
» 5 *a* »	(● ●●● ●)	Non.
» 6 »	(●●● ●●●)	Attention au tube.
» 6 *a* »	(●● ●● ●●)	Cessez d'envoyer des étuis.
» 7 »	(●● ●● ●● ●)	Quel est votre dernier nombre ?
» 8 »	(●●● ●● ●●●)	Le travail cesse aux tubes.
» 8 *a* »	(●● ●●●● ●●)	Avez-vous placé un étui dans le tube ?
» 9 »	(●●● ●●● ●●●)	Répétez votre dernier signal; je ne comprends pas.
» 10 »	(●●● ●●● ●●● ●)	Apprêtez-vous à cesser le travail aux tubes.

« On répond au n° 3 en plaçant un étui vide dans le » tube et en donnant le signal usité (n° 1 ou n° 2 selon » le cas.)

» On répond au n° 5 par le signal n° 1 ou n° 2, selon » le cas, si l'étui est reçu et par le signal n° 5*a*, si l'étui » est encore dans le tube.

» On répond au n° 7 par une note que l'on place dans » un étui.

» La réponse au n° 8 est donnée dans une note que » l'on place dans un étui et qui fixe la fermeture pour » la nuit.

» Lorsqu'un étui est placé dans le tube, à un bureau » extrême, le signal n° 1 doit être donné. On doit avoir » soin de placer l'étui dans le tube avant de donner ce » signal.

» Lorsqu'un étui est placé dans le tube au bureau où

» se trouvent les machines, le signal n° 2 doit être » transmis. Faire connaître promptement l'instant où » l'étui arrive, sans attendre pour quoi que ce soit. Se » conformer à cette règle avec la plus grande rigueur.

» N. B. Tous les signaux doivent être donnés régu» lièrement et distinctement, de façon que le timbre » puisse être frappé par le marteau d'une manière bien » nette. »

Les tubes pneumatiques fonctionnent à Londres de 8 heures du matin à minuit. Leur manœuvre est confiée à de jeunes apprentis.

Les machines qui servent à comprimer l'air et à faire le vide pour tous les tubes en service à Londres, y compris ceux du système Siemens, sont installées dans les caves du bureau central.

Deux machines à vapeur, dont une a été placée lors de la mise en service de ce dernier système, fonctionnent continuellement de 8 heures du matin à 8 heures du soir; de 8 heures du soir à minuit une machine suffit.

Des réservoirs en tôle servent à emmagasiner l'air comprimé et l'air raréfié, afin que les variations de pression, à chaque envoi d'un étui, ne soient pas sensibles. Pour l'air comprimé, les dimensions des réservoirs sont les suivantes :

1° Un réservoir cylindrique à base circulaire, de $2^{m},59$ de diamètre, et de $3^{m},40$ de hauteur ; son volume est de $17^{m3},884$;

2° Un réservoir de même forme et de même section, mais de $2^{m},74$ seulement de hauteur ; son volume est de $14^{m3},412$.

Le volume total est de $32^{m3},296$.

Ces réservoirs sont fixes et munis d'un robinet de vi-

dange placé à la partie inférieure. On laisse écouler, chaque nuit, l'eau qui s'est déposée par l'effet de la compression.

Les réservoirs d'air raréfié sont aussi au nombre de deux : l'un a un volume de $17^{m^3},884$ et l'autre de $4^{m^3},453$; le volume total est de $22^{m^3},337$.

Aucun régulateur de pression n'est actuellement en service. Ces réservoirs servent pour les tubes du système de M. Clark et pour ceux du système de MM. Siemens. Un courant d'air circulant continuellement dans les tubes de ce dernier système, l'on conçoit qu'il soit nécessaire de maintenir continuellement les moteurs en état d'activité.

L'excès de pression de l'air comprimé sur l'air extérieur varie de $0^{atm},40$ à $0^{atm},74$ et l'excès de pression de l'air extérieur sur l'air raréfié varie de $0^{atm},47$ à $0^{atm},81$.

On pourrait, s'il y avait nécessité, par suite de la longueur des conduites, augmenter la pression avec les tubes du système de M. Clark jusque près d'une atmosphère, mais il n'y aurait nulle utilité à aller au delà, puisque la marche des étuis dans un sens ne se fait qu'au moyen du vide, dont la pression maxima est d'une atmosphère. Avec les tubes du système Siemens, la pression et le vide agissant simultanément, la limite que nous venons d'indiquer n'existe pas et l'on pourrait augmenter de beaucoup la vitesse de transmission ou les distances à franchir. Nous ferons toutefois remarquer qu'il y a avantage, au point de vue de l'effet utile théorique produit et de la diminution des pertes d'air, à n'employer que de faibles pressions. Il convient donc, dans chaque cas particulier, de n'employer que la pression strictement nécessaire. Un autre inconvénient d'une grande élévation de tension serait la complication des compresseurs qui devraient être à pistons plongeurs, comme ceux qui ont été utilisés par l'ingénieur

Sommeiller pour le percement du tunnel sous les Alpes. Les clapets et les bourrages des machines soufflantes ordinaires ne pourraient, en effet, résister à la température élevée qu'engendrerait la compression de l'air.

La première machine à vapeur qui a été installée pour le service des tubes du système de M. Clark est une machine horizontale, à détente, de la force de 28 chevaux. Le diamètre du cylindre est de $0^m,42$, la course totale de $0^m,508$, la détente commence au $\frac{1}{2,5}$ de la course et la pression maxima est de $2^k,81$ par centimètre carré. Au besoin, le cylindre peut être mis en communication avec le condensateur de la machine qui a été installée lors de la mise en service des tubes du système Siemens. Dans ce cas, le travail de la compression diminue de plus de moitié. La tige du piston du cylindre à vapeur attaque directement le piston d'un cylindre aspirant ordinaire, à clapet et à double effet, qui se trouve dans le prolongement du cylindre à vapeur. Un cylindre de compression a été placé verticalement, à angle droit avec celui de vide, lors de l'introduction, par M. Varley, de l'emploi de l'air comprimé. Le piston de ce second cylindre est mis en mouvement par le même cylindre à vapeur qui agit sur celui du premier.

Une deuxième machine à vapeur, qui a été installée par MM. Siemens frères, suffit, avec la précédente, pour desservir tous les tubes de Londres.

Cette machine est horizontale, à détente et à condensation. Le diamètre du cylindre à vapeur est de $0^m,3810$, et la course totale de $0^m,762$; la détente commence au $\frac{2}{3}$ de la course ; la pression maximum de la vapeur est de $2^k,81$ par centimètre carré et la pression dans le condensateur de $0^k,49$; le nombre de coups doubles par minute est de 48.

En substituant ces valeurs dans la formule connue :

$$N^{ch. v.} = 4,44\,PV\,(1 + 2,3026 \log : \frac{p}{P_1} - \frac{P'}{P_1})\,n$$

qui donne la force théorique de la machine en chevaux-vapeur, on trouve N = 40.

Le travail utile dont la machine est capable n'est, environ, que de 0,63 × 40 = 25,20 chevaux.

Le cylindre soufflant se trouve dans le prolongement du cylindre à vapeur. Il est à double effet et à clapets ordinaires (voir fig. 3, Pl. II) ; en outre, la compression de l'air se fait d'un côté du piston et le vide de l'autre côté. Cet arrangement simplifie l'installation, puisqu'il n'exige qu'un seul cylindre, mais il diminue l'effet utile. En effet, lorsque le piston, arrivé au bout de sa course, revient sur ses pas, l'air comprimé contenu dans l'espace nuisible se dilate et le piston doit faire un certain trajet avant que cet air ne passe de la pression correspondante à la pression atmosphérique à celle du réservoir de vide. Le travail dépensé pour cette détente est en partie perdu, si on le compare à celui qui serait nécessaire avec deux cylindres, l'un pour la compression, l'autre pour la raréfaction de l'air.

Une petite machine mise en mouvement par les eaux de la ville, de la force de 4 chevaux, environ, est installée à côté des machines à vapeur. Elle ne peut servir que s'il s'agit de mettre quelques tubes en service, pendant la nuit, à la suite d'une affluence non prévue.

Elle se compose de deux cylindres horizontaux attaquant un axe coudé horizontal, muni de deux volants, qui transmet, au moyen d'une bielle, le mouvement au piston du cylindre compresseur. Chaque cylindre est muni d'un tiroir de distribution d'eau analogue à ceux de distribution de vapeur. La pression de l'eau est de $2^k,52$ par centimètre carré.

L'eau de la ville ne peut être avantageusement uti-

lisée, à Londres, comme moteur usuel, à cause du prix élevé auquel elle se débite. Le tarif est de fr. 1 25 pour $4^{m^3},54$, soit fr. 0,27 par mètre cube. La hauteur de charge étant de $25^m,20$, le travail théorique d'un mètre cube d'eau est de $1000 \times 25,20 = 25200$ kilogrammètres. Pour produire le même travail qu'une machine de 40 chevaux, il faudrait donc, par heure, un débit de 428 mètres cubes d'eau. La dépense serait de $428 \times 0\ 27 =$ fr. 115 56.

Or, une machine à vapeur de 40 chevaux, construite dans les conditions économiques les plus défavorables, c'est-à-dire sans détente ni condensation, ne consommerait que 200 kilogrammes, environ, de charbon par heure, ce qui représente une dépense de fr. 2 00. L'entretien et la surveillance des chaudières à vapeur occasionnent des frais qui doivent être ajoutés à la consommation de charbon, mais ils sont tout-à-fait insignifiants en comparaison de ceux qu'entraînerait l'emploi de l'eau.

A Bruxelles, les conditions seraient un peu moins désavantageuses. La pression de l'eau est de 6 3/4 atmosphères et le prix de fr. 0 10 par mètre cube, pour l'Administration des chemins de fer de l'État. Pour une machine de 40 chevaux, 154 mètres-cubes, coûtant fr. 15 40, seraient absorbés par heure. La différence est néanmoins encore trop forte pour que l'on puisse utiliser un moteur à eau, si ce n'est dans le cas où il serait possible de tirer parti de l'eau qui a agi comme force motrice.

Les chaudières à vapeur sont à Londres au nombre de trois ; elles sont placées dans les caves, à côté des machines. Deux sont à foyer intérieur : leur diamètre est de $1^m,52$, le diamètre du tube $1^m,11$ et la longueur totale $4^m,90$. La grille a $1^m,52$ de longueur. La troisième chaudière est tubulaire et verticale : elle a $1^m,83$

de diamètre et $2^m,14$ de hauteur totale. Six tubes sont placés à l'intérieur. La pression maxima de la vapeur est de $2^k,81$ par centimètre carré.

MM. Siemens ont, en ce moment, en essai au bureau central, un appareil à faire le vide dont ils espèrent obtenir de très-bons résultats. Cet appareil est fondé sur le même principe que le tirage que l'on obtient dans les locomotives en lançant un jet de vapeur dans la boîte à fumée. Un jet de vapeur dirigé dans un tuyau d'une forme convenable, en communication avec la conduite souterraine, entraîne l'air de ce tuyau et fait le vide dans la conduite. L'effet utile dépend de la section de l'orifice d'échappement de la vapeur, de la longueur et de la section du tuyau où se fait le mélange d'air et de vapeur et de la tension de celle-ci. MM. Siemens ont trouvé que cet aspirateur permettrait d'obtenir le vide correspondant à une colonne de mercure de $0^m,58$ avec moins de dépense de vapeur que si on employait une machine à piston. D'après MM. Siemens, les frais d'achat et d'entretien seraient environ vingt fois moindres que ceux d'une machine ordinaire. Outre cet avantage, cet appareil se distingue par sa simplicité : son installation n'exige qu'un espace restreint, la surveillance et les réparations en sont des plus faciles.

Le tableau ci-dessous indique les temps nécessaires pour obtenir les degrés de vide y renseignés avec des orifices de sections différentes.

TEMPS EN MINUTES.	32 $^{m}/_{m}{}^{2}$	64 $^{m}/_{m}{}^{2}$	96 $^{m}/_{m}{}^{2}$	128 $^{m}/_{m}{}^{2}$
0,5	0^{m},1397	0^{m},1524	0^{m},1524	0^{m},1270
1,0	0^{m},2286	0^{m},254	0^{m},2349	0^{m},2159
1,5	0^{m},2921	0^{m},3048	0^{m},2921	0^{m},2794
2,0	0^{m},3302	0^{m},3429	0^{m},3429	0^{m},3302
2,5	0^{m},3556	0^{m},3683	0^{m},3746	0^{m},3683
3,0	0^{m},3683	0^{m},3810	0^{m},4127	0^{m},40
3,5	0^{m},3810	0^{m},3873	0^{m},4254	0^{m},4191
4,0	0^{m},3937	0^{m},3937	0^{m},4381	0^{m},4318
4,5	0^{m},3962	0^{m},4000	0^{m},4508	0^{m},4445
5,0	0^{m},40	0^{m},4032	0^{m},4572	0^{m},4508
5,5	»	0^{m},4064	0^{m},4635	0^{m},4572
6,0	»	»	0^{m},4699	0^{m},4635
6,5	»	»	0^{m},4730	0^{m},4667
7,0	»	»	0^{m},4762	0^{m},4699

MM. Siemens étant en instance pour obtenir un brevet qui leur garantisse la propriété de cet appareil, nous ne pouvons, pour le moment, donner d'autres détails sur sa construction.

Nous allons décrire maintenant les tubes du système Siemens.

Ainsi que nous l'avons dit au commencement de ce rapport, deux tubes formant un circuit complet sont posés entre les deux bureaux extrêmes qu'il s'agit de desservir (fig. 3, Pl. II).

Des bureaux intermédiaires peuvent être intercalés dans ce circuit. Un courant d'air circule continuellement à travers les tubes dans la direction indiquée par les flèches. Pour expédier un étui d'un point quelconque de la ligne, il suffit de l'introduire dans la conduite au moyen des valves spéciales que nous décrirons tantôt; le bureau auquel cet étui est destiné étant prévenu par

un signal électrique, arrête l'étui à son passage, au moyen de ces valves.

Si aucun des bureaux intermédiaires n'interceptait le passage d'un étui envoyé par le bureau central, cet étui reviendrait à ce bureau après avoir parcouru toute la conduite.

Au lieu d'avertir chaque bureau en particulier, lorsqu'un étui lui est adressé, on pourrait fixer d'avance les moments précis où chacun d'eux devrait placer sa valve dans la position de réception. Cette répartition devrait être faite de façon qu'il n'y eût pas de retard par suite de l'insuffisance du nombre des envois ou par la rentrée inopportune dans le circuit de certains bureaux.

Plusieurs circuits semblables (fig 4, Pl. II), comprenant chacun un nombre plus ou moins élevé de bureaux intermédiaires, peuvent aboutir par leurs extrémités au bureau pourvu de machines. La force de celles-ci dépend, toutes choses égales, de la longueur totale des tubes à desservir.

Les extrémités de chaque circuit sont en communication permanente, l'une avec un réservoir d'air comprimé, l'autre avec un réservoir d'air raréfié. La vitesse de transmission que l'on obtient par cette disposition est évidemment plus grande que celle que l'on aurait si l'on employait isolément le vide ou l'air comprimé.

Il est à remarquer que la pression intérieure de l'air varie en chaque point de la conduite. Lorsqu'aucun étui ne circule, cette pression, qui est à son maximum près du réservoir d'air comprimé, va en décroissant avec la longueur du tube, passe par zéro et acquiert ensuite des valeurs négatives représentant la dépression, laquelle est d'autant plus forte que l'on se rapproche davantage du réservoir de vide. La position du point où la pression est nulle varie avec les degrés relatifs de la pression et du vide et avec les sinuosités qui existent dans la con-

duite, celles-ci ayant pour effet de modifier le frottement. La conséquence de ceci est que la vitesse du courant d'air varie en chaque point. En effet, la même quantité d'air, en poids, devant passer en un temps donné par toutes les sections, les volumes et, par suite, les vitesses, sont, d'après la loi de Mariotte, en raison inverse de la densité. Avant d'aborder les calculs qui permettent de déterminer la vitesse de l'air dans les tubes, nous compléterons la description du système.

Nous avons dit que les mêmes réservoirs et les mêmes machines servent pour les tubes du système Siemens et pour ceux du système Clark. Comme nous en avons donné un aperçu plus haut, nous n'avons plus à y revenir. Nous ajouterons seulement que si l'aspirateur de MM. Siemens était adopté définitivement, un de ces appareils serait installé à chacun des deux bureaux extrêmes et le circuit serait divisé en deux lignes séparées et parallèles, traversées par des courants d'air, de sens contraire, produits par aspiration seulement. L'emploi de l'air comprimé serait supprimé.

Les tuyaux qui forment la conduite sont en fer forgé. Ils ont $0^m,076$ de diamètre intérieur, $0^m,004$ d'épaisseur et $5^m,70$ de longueur. Ils sont alésés à l'intérieur. Leur assemblage se fait au moyen de manchons en fonte, dont la partie cylindrique intérieure est alésée, afin que les deux extrémités des tuyaux s'adaptent exactement l'une contre l'autre. La liaison est complétée par un bourrage au chanvre et au plomb. Les changements de direction se font à l'aide de tuyaux courbés, dont le rayon minimum est de $3^m,66$.

Les tuyaux sont enfouis dans le sol à une profondeur de $0^m,30$ environ. Ils sont disposés en pente vers des puisards placés de distance en distance, destinés à recueillir l'eau qui se condense dans les tuyaux. Ces pui-

sards se composent d'une caisse en fonte (fig. 5, Pl. III) terminée par un tuyau de même diamètre que ceux de la conduite; un tube, fermé par un écrou à la partie supérieure, communiquant avec la boîte et aboutissant dans une petite caisse en fonte placée au niveau de la chaussée, permet d'évacuer l'eau à volonté.

Les étuis sont analogues à ceux employés pour les tubes du système Clark. Ils diffèrent de ceux-ci par leurs dimensions, qui sont plus fortes; en outre, ils sont munis d'un couvercle en gutta-percha qui est maintenu par une bande élastique et une deuxième enveloppe de feutre, terminée en entonnoir, est ajoutée à l'extrémité de l'étui.

Les valves de réception et de transmission sont représentées fig. 1, 2, 3 et 4, Pl. III.

Ainsi qu'on peut le voir sur le croquis fig. 3, Pl. II, chacun des tuyaux formant la conduite est muni d'une valve complète. Celle-ci se compose simplement de deux bouts de tuyaux T et R, de même diamètre intérieur que la conduite, portés par un châssis mobile autour d'un axe A. On intercale à volonté, selon qu'il s'agit d'expédier ou de recevoir, l'un ou l'autre de ces tuyaux dans la conduite, laquelle est interrompue à cet endroit. Le tuyau T étant creux sur toute sa longueur, il suffit, pour expédier un étui, d'y placer celui-ci et d'amener ce tuyau T dans le prolongement de la conduite, en appuyant vivement sur la poignée *p*: le courant d'air entraîne immédiatement l'étui dès que cette position, représentée en pointillés fig. 3, Pl. III, est obtenue.

La position de réception est celle tracée en traits pleins dans la même figure et représentée fig. 4. Le tuyau R, qui se trouve alors dans le prolongement de la conduite, est muni, à une de ses extrémités, d'un fond percé de petites ouvertures. En arrivant dans ce tuyau, l'étui comprime l'air qui s'y trouve et perd insensible-

ment sa vitesse ; l'air comprimé, s'échappant par les orifices du fond, n'acquiert pas une tension suffisante pour rejeter l'étui en arrière, en vertu de son élasticité. L'étui arrivé dans le tuyau R interceptant le passage du courant d'air dans ce même tuyau et l'un des avantages du système Siemens consistant à pouvoir expédier simultanément des étuis en des points différents du circuit, un tuyau de dérivation *D* facilite la circulation de l'air. Une petite valve *v*, qui est manœuvrée par le levier *l* et les taquets *t* que porte le châssis mobile, s'ouvre lorsque celui-ci est dans la position de réception et se ferme lorsqu'on expédie un étui. Deux tringles fixes *q*, en fer, limitent le mouvement de rotation du châssis mobile et relient, d'une façon invariable, les deux parties fixes de l'appareil. Les surfaces de contact des parties fixes et mobiles sont planes et doivent s'adapter parfaitement pour qu'il n'y ait ni perte ni rentrée d'air. Pour faciliter la manœuvre, une pédale, que l'on presse en même temps que l'on tire la poignée *p*, peut être ajoutée à l'appareil. Cette pédale n'est pas représentée dans les dessins. La boîte de réception R est, sur une partie de sa longueur, munie d'un couvercle plat, en verre, que l'on peut enlever, au besoin, pour retirer les étuis. L'apprenti chargé de la manœuvre s'aperçoit donc immédiatement de l'arrivée de ceux-ci. Alors, il tire à lui le châssis mobile et fait pénétrer dans la boîte R, en poussant la poignée *f* (fig. 2, Pl. III), une tige qui glisse dans le guide G : l'étui est ainsi expulsé de la boîte R.

Lorsqu'un étui doit traverser un bureau sans y être arrêté, l'apprenti, ayant été informé de sa destination par un signal électrique, place le châssis mobile dans la position de transmission ; en passant, l'étui presse une lame formant ressort, placée à l'intérieur du tuyau T et reliée à une petite tige qui traverse ce même tuyau ;

cette tige, en frappant contre un timbre, avertit du passage de l'étui.

Les valves que nous venons de décrire sont celles des bureaux intermédiaires. Dans ces bureaux, chacun des deux tubes sert à la transmission dans un sens et à la réception dans l'autre. Au bureau central, l'extrémité d'un des tubes sert uniquement à la transmission et l'autre à la réception. A ce bureau, les bouts de tuyaux que porte chaque châssis mobile peuvent donc être tous deux, ainsi que l'indique la fig. 3, Pl. II, disposés pour la réception ou pour la transmission. A l'autre bureau extrême, une seule valve complète suffit.

Le système de MM. Siemens ne fonctionne, dans le Royaume-Uni, que depuis 1870. Il est établi à Londres, seulement entre le bureau central, Telegraph Street, et le bureau de Charing Cross. Les bureaux intermédiaires sont, en partant du bureau central, le General Post Office et Temple Bar. Ce circuit sera probablement prolongé jusqu'au palais du Parlement.

Le courant d'air ayant une direction opposée dans les deux tubes qui traversent chaque bureau intermédiaire, la disposition peut être assimilée à celle d'un chemin de fer à double voie. Cette relation a fait adopter par l'administration des lignes télégraphiques, pour la transmission des signaux nécessaires à la manœuvre des valves, l'appareil électrique de M. Tyer, qui fonctionne sur un grand nombre de lignes de chemin de fer du Royaume-Uni, comme élément de sécurité pour la marche des trains.

L'appareil complet qui se trouve à la station centrale, laquelle n'est en relation directe qu'avec un seul bureau, se compose d'une sonnette électrique, d'une caisse contenant les électro-aimants et les deux manipulateurs qui commandent les aiguilles et d'un manipulateur spécial mettant en mouvement la sonnette du correspondant

(fig. 6 et 7, Pl. III). L'aiguille supérieure est peinte en noir et l'inférieure en rouge. Un seul fil de ligne suffit pour la transmission des divers signaux. L'aiguille noire ne peut être mise en mouvement que par le correspondant; elle indique les signaux reçus; l'aiguille rouge répète les signaux envoyés, de façon que l'opérateur contrôle lui-même sa transmission.

L'armature des électro-aimants est une pièce d'acier ou de fer doux polarisée par un aimant; l'aiguille extérieure à laquelle elle est reliée dévie à droite ou à gauche, selon que l'on envoie un courant positif ou négatif, en appuyant sur l'un ou sur l'autre des manipulateurs. Après chaque passage de courant, l'aiguille conserve sa position par l'effet du magnétisme rémanent, qui a été rendu aussi fort que possible par la construction de l'appareil. Ce magnétisme est assez intense pour ramener l'aiguille à la position qu'elle doit occuper si on l'écarte à la main de cette position, lorsque le courant a cessé de passer, dans le but de fausser le signal reçu. L'aimant qui polarise l'armature est réaimanté à chaque envoi de courant.

Les avantages de cet appareil consistent dans l'absence de réglage, dans la faculté que possèdent les aiguilles de reprendre elles-mêmes leur vraie position, dans la conservation du magnétisme, malgré les décharges d'électricité atmosphériques et, enfin, dans une adhérence suffisante des aiguilles contre les pôles de l'électro-aimant, pour empêcher que les vibrations produites par le passage des trains ne changent les indications. Nous devons, toutefois, faire remarquer qu'un seul courant accidentel dû au voisinage d'une nuée d'orage ou au contact d'un fil télégraphique peut faire prendre aux aiguilles une fausse position.

A chaque envoi de courant le marteau de la sonnette frappe une fois le timbre.

Le principe adopté pour l'expédition des étuis est celui du block system, qui consiste en ce que le signal du départ d'un train ne peut être donné avant la réception de l'avis indiquant l'arrivée du train précédent au poste suivant. Les signaux reçus, lesquels sont marqués par l'aiguille supérieure (noire), correspondent aux envois des trains et les signaux transmis, indiqués par l'aiguille inférieure (rouge), se rapportent à l'arrivée des trains.

Chaque bureau intermédiaire devant correspondre dans deux directions, deux appareils semblables à celui que nous venons de décrire y sont nécessaires.

Afin de pouvoir distinguer de quel côté vient l'appel, le timbre d'une des sonneries est remplacé par une tige d'acier, enroulée en spirale, désignée par tam-tam sur le dessin.

La manœuvre de ces appareils se fait d'après les instructions suivantes :

Instructions pour la manœuvre des tubes pneumatiques au bureau central, Telegraph Street.

« Le tube montant sert au transport vers la cité.

» Le tube descendant sert à la réception des corres-
» pondances originaires de la cité.

» L'aiguille noire renseigne le dernier signal reçu
» et l'aiguille rouge le dernier signal envoyé.

Envoi d'un étui.

» 1. Avant de placer un étui dans le tube, prévenir
» St Martin 's (General Post Office) si cet étui lui est
» destiné ou bien à Temple Bar ou au Strand (Charing
» Cross); s'il doit être arrêté à St Martin 's, presser le

» bouton marqué « Tam Tam » 3 fois; s'il est pour » Temple Bar, 4 fois; s'il est pour le Strand, 5 fois.

» 2. St Martin's accuse réception de ces signaux en » les répétant et en faisant mouvoir votre aiguille noire » sur « Train sur la ligne. »

» L'étui peut alors être placé dans le tuyau.

» 3. Quand l'étui arrive à St Martin's, ce bureau fait » fonctionner votre sonnette, une fois, et amène votre » aiguille noire sur « Ligne libre. » Vous informez alors » de la réception de ce signal en pressant une fois le » bouton marqué « Tam-Tam. »

» 4. La ligne étant alors libre, un deuxième étui peut » être expédié de la même manière.

Réception d'un étui.

» La valve doit toujours être disposée pour la réception, excepté quand on en retire un étui.

» I. St Martin's signalera, en tous cas, l'arrivée d'un » étui à Telegraph Street, soit que cet étui parte de son » propre bureau, de Temple Bar, ou du Strand, en » donnant deux coups sur votre sonnette. Vous préviendrez de la réception de cet avis en pressant, deux » fois, le bouton marqué « Train sur la ligne. » Vous » informerez de l'arrivée de l'étui en pressant, une fois, » le bouton marqué « Ligne libre. » St Martin's vous » avisera de la réception de ce signal en faisant fonctionner, une fois, votre sonnette.

Couleur des étuis.

« Les étuis pour St Martin's sont blancs.
» » » Temple Bar » verts.
» » » Strand » rouges et noirs.

Instruction pour la manœuvre des tubes pneumatiques au bureau du General Post Office.

Etuis en passage.

Telegraph street à Temple Bar.

» 1. Telegraph street signalera, en tous cas, un étui » quittant son bureau pour Temple Bar en frappant » 4 coups sur votre Tam-Tam, ce dont vous accuserez » réception en pressant, 4 fois, le bouton marqué » Train sur la ligne. »

» 2. A l'arrivée de l'étui, vous préviendrez Telegraph » Street en pressant, une fois, le bouton marqué « Li- » gne libre. » Telegraph street vous répondra, en fai- » sant résonner, une fois, votre Tam-Tam.

» 3. Vous signalerez immédiatement l'étui à Temple » Bar, en pressant, 4 fois, le bouton marqué « Tam » Tam; » Temple Bar accusera réception, en répétant » votre signal sur la sonnette et en faisant mouvoir l'ai- » guille noire sur « Train sur la ligne. »

» 4. A l'arrivée de l'étui à Temple Bar, ce bureau » fera fonctionner votre sonnette, une fois, et amènera » votre aiguille noire sur « Ligne libre. » Vous accu- » serez réception de ce signal en pressant, une fois, » l'indicateur marqué « Tam-Tam. »

» Si un second étui doit traverser votre bureau avant » que l'arrivée du premier n'ait été signalée, vous le » laisserez s'avancer, mais, dès que vous recevrez l'an- » nonce de l'arrivée du premier, vous signalerez le » second.

» Si un étui destiné à un autre bureau est arrêté par » erreur, il doit être réexpédié immédiatement vers sa » destination. »

Londres est, comme nous l'avons dit, la seule ville du Royaume-Uni où les tubes du système de MM. Sie-

mens soient en service. Les tubes du système de M. Clark, modifiés par M. Varley, existent dans cinq autres villes. Les tableaux ci-dessous contiennent un relevé complet de la situation de ces tubes et donnent quelques résultats d'expériences qui ont été faites :

Relevé des tubes pneumatiqu

DE (Bureau où se trouve la machine.)	A	FORCE NOMINALE de la MACHINE EN CH. V.	LONGUEUR des TUBES en MÈTRES.	DIAMÈTRE des TUBES.
Telegraph Street.	Fenchurch Street	40	895,72	0m,0571
»	Leadenhall Street	»	602,33	0m,0571
»	Baltic Coffee House.	»	539,26	0m,0571
»	Gresham House	»	537,43	0m,0381
»	Threadneedle Street	»	517,32	0m,0571
»	Threadneedle Street	»	510,93	0m,0571
»	Cornhill	»	447,86	0m,0381
»	Old Broad Street	»	338,18	0m,0381
»	Lloyd's	»	313,50	0m,0381
»	Stock Exchange	»	287,00	0m,0381
»	Founder's Court.	»	203,82	0m,0381
»	*Anglo-American Office . . .	»	56,67	0m,0571
»	*Indo-European Office . . .	»	52,09	0m,0571
»	*Engineer's Office	»	45,70	0m,0571
»	*South Gallery	»	45,70	0m,0571
»	*Intelligence Department . . .	»	40,22	0m,0381
»	*Metropolitan Gallery	»	26,50	0m,0571
	LONGUEUR TOTALE .		5460,23	
»	St-Martin-le-Grand		778.73	0m,076
»	Temple-Bar		1997,09	
»	Strand		3272,00	

en service à Londres.

TEMPS NÉCESSAIRE à la TRANSMISSION.		TEMPS NÉCESSAIRE à la TRANSMISSION, évalué par kilom. de LONGUEUR.		KILOMÈTRES PARCOURUS par HEURE.		PRESSION À L'ARRIVÉE en kilog. par CENTIMÈTRE CARRÉ.		OBSERVATIONS.
Pression	Vide.	Pression	Vide.	Pression.	Vide.	Pression.	Vide.	
Min. Sec.	Min. Sec.	Min. Sec.	Min. Sec.					
1 5	1 20	1 12	1 29	50,00	40,45	0,702	0,702	Les bureaux marqués d'un asterisque se trouvent dans le même bâtiment que le bureau central.
0 35	0 38	0 58	1 03	62,07	57,14	0,702	0,702	
0 35	0 38	1 04	1 10	56,25	51,43	0,702	0,702	
0 40	0 51	1 14	1 33	48,65	38,71	0,702	0,684	
0 34	0 48	1 06	1 32	54,55	39,13	0,667	0,667	
0 32	0 45	1 03	1 28	57,14	40,91	0,667	0,667	
0 37	0 40	1 20	1 29	45,00	40,45	0,702	0,702	
0 25	0 29	1 14	1 24	48,65	42,86	0,702	0,684	Tous ces tubes sont du système de M. Clark.
0 17	0 25	0 54	1 20	66,67	45,00	0,702	0,702	
0 15	0 15	0 52	0 52	69,23	69,23	0,702	0,702	
0 13	0 14	1 04	1 08	56,25	52,94	0,702	0,702	
0 5	0 6	1 28	1 45	40,91	34,29	0,702	0,667	
0 5	0 5	1 35	1 35	37,89	37,89	0,702	0,702	
0 4	0 5	1 27	1 49	41,38	33,027	0,702	0,702	
—	—	—	—	—	—	—	—	Ce tube n'est pas en service.
0 5	0 6	2 04	2 29	29,03	24,16	0,702	0,702	
0 5	0 4	3 08	1 31	19,15	39,56	0,702	0,702	
1 23	1 18	1 46	1 40	33,96	36,00		0,702	Ces tubes sont du système de MM. Siemens. Les longueurs totales des tuyaux sont doubles de celles renseignées ci-contre.

Relevé des tubes pneumatiques en servic

VILLE.	DE (Bureau où se trouve la machine.)	A	FORCE NOMINALE de la MACHINE EN CH. V.	LONGUEUR des TUBES en MÈTRES.	DIAMÈTRE des TUBES
Liverpool	General Post Office.	Exchange	17	722,974	0m,0571
	»	Water Street	»	728,458	0m,0381
	» Counter.	Gallery	»	21,936	0,m0381
		LONGUEUR TOTALE.		1,473,368	
Manchester.	York Street.	Ducie Buildings . . .	13	457,000	0m,0381
	»	Mosley Street . .	»	274,200	0m,0381
	»	Post Office	»	205,650	0m,0381
	»	Counter	»	15,538	0m,0381
		LONGUEUR TOTALE.		952,388	
Birmingham.	Exchange Buildings.	New Street Ry-Station	3	127,960	0m,0381
	»	Cannon Street . . .	»	219,360	0m,0381
	»	Post Office	»	290,652	0m,0381
		LONGUEUR TOTALE.		637,972	
Glascow.	General Post Office	Royal Exchange . . .	7	221,188	0m,0571

On était occupé, en janvier 1871, à poser à Dublin trois tubes, ayant, l'un
bablement achevé au moment où nous écrivons.

dans les autres villes du Royaume-Uni.

TEMPS NÉCESSAIRE à la TRANSMISSION.		TEMPS NÉCESSAIRE à la TRANSMISSION évalué par kilom. de LONGUEUR.		KILOMÈTRES PARCOURUS par HEURE.		PRESSION A L'ARRIVÉE en kilog. par CENTIMÈTRE CARRÉ.		OBSERVATIONS.
Pression	Vide.	Pression	Vide.	Pression.	Vide.	Pression.	Vide.	
Min. Sec.	Min. Sec.	Min. Sec.	Min. Sec.					
0 45	0 57 1/2	1 2	1 19	58,064	45,569	0,702	0,562	
1 5	—	1 28	—	40,909	—	0,702		
0 4	—	–	—	—	—			
0 29	0 30	1 3	1 6	57,143	54,545			
0 16	0 17	0 58	1 2	62,070	58,064			
0 8 1/2	0 9	0 41	0 43	87,805	83,720			
0 2	0 2	2 8	2 8	28,125	28,125			Tous ces tubes sont du système de M. Clark.
0 6 1/2	—	0 51	—	70,588	—			
0 11	—	0 50	—	72,000	—			
0 24	—	1 22	—	42,926	—			
0 22	0 30	1 39	2 15	36,363	26,666			

1,398,42 mètres de longueur et les deux autres 639,80 mètres. Ce travail est pro-

Relevé du travail effectué par les machines.

VILLE.	FORCE NOMINALE de la MACHINE EN CH. V.	LONGUEUR TOTALE des TUBES EN MÈTRES.	LONGUEUR EN MÈTRES, par CHEVAL DE FORCE.	Force en chevaux, calculée proportionnellement à la force des machines de Londres.
Londres.	52	7017,692	134,906	52
Liverpool	17	1473,368	86,830	11
Manchester . . .	13	952,388	73,120	7
Birmingham . . .	3	637,972	212,962	4,7
Glascow.	7	221,188	31,624	1,6

Les résultats pratiques consignés dans ces tableaux démontrent qu'il y a avantage, au point de vue de la vitesse, à employer des tubes de grand diamètre. Ils indiquent aussi que, toutes choses égales, la vitesse est très-variable suivant les conditions d'installation des tubes.

MM. Siemens frères ont fait une série d'expériences dans le but de trouver une formule qui permît d'évaluer, dans les différents cas qui peuvent se présenter, la vitesse de l'air dans les tubes. Leurs appareils étaient disposés de la façon suivante :

Un tube, dont on faisait varier, à volonté, le diamètre et la longueur, était mis en communication avec un réservoir dans lequel on foulait de l'air ou l'on faisait le vide, au moyen d'une pompe manœuvrée par un axe coudé muni d'un volant. A l'autre extrémité du tube était placé un compteur qui indiquait exactement le volume d'air écoulé à la pression atmosphérique. En divisant ce volume par la section du tube, on obtenait la vitesse avec laquelle l'air pénétrait dans le compteur

par l'extrémité du tube, lorsqu'il y avait compression, ou bien la vitesse avec laquelle l'air entrait dans ce tube, après avoir traversé le compteur, lorsqu'il y avait aspiration.

Le même poids d'air traversant, pendant un temps donné, les différentes sections de la conduite, on déduisait de cette vitesse, en se basant sur ce que, d'après la loi de Mariotte, les volumes sont en raison inverse des pressions, la vitesse avec laquelle l'air pénétrait dans le réservoir. La pression de l'air, dans celui-ci, était indiquée par un manomètre. La vitesse aux différents points du tube se déduisait de la densité de l'air en ces points.

Les formules auxquelles sont arrivés MM. Siemens sont les suivantes :

Vitesse finale, $V_2 = a \times \frac{h - h_1}{h} \sqrt{\frac{d}{l}}$

» initiale, $V_1 = v_2 \times \frac{h_1}{h} = ah_1 \times \frac{h - h}{h^2} \sqrt{\frac{d}{l}}$

» moyenne, $V' = \frac{v_1 \times + v_2}{2} = a \times \frac{h^2 - h_1^2}{2\,h^2} \sqrt{\frac{d}{l}}$

Vitesse à la distance x, à partir du commencement du tube, $V = ax \frac{(l - x)\,h_1 + xh^2}{l} \times \frac{h - h_1}{h^2} \sqrt{\frac{d}{l}}$

l. Longueur du tube.

d. Diamètre intérieur du tube.

h. Pression (en atmosphères) de l'air à son entrée dans le tube.

h_1. Pression (en atmosphères) de l'air à sa sortie.

a. Constante.

Les vitesses v, v', v_1, v_2 sont obtenues en pieds anglais ($0^m,3047$),

MM. Siemens ont reconnu que ces formules ne sont qu'approximativement exactes, la vitesse augmentant un peu plus rapidement que les racines carrées du diamètre des tubes.

Quant à la constante a, elle a été trouvée égale à 15,950 pour les tuyaux en plomb et à 14,192 pour les tuyaux en fer forgé; elle dépendrait donc de la nature des parois intérieures des tubes.

En supposant que la conduite a une longueur de 3,965 mètres et diamètre de $0^m,076$, et que la différence effective de pression $h - h_1$ est d'une atmosphère, on trouve les vitesses moyennes suivantes :

1. Avec une pression d'une atmosphère,

$$h = 2$$
$$h_1 = 1$$
$$v' = 7^m,99$$

2. Avec un vide d'une atmosphère,

$$h = 1$$
$$h_1 = 0$$
$$v' = 10^m,68$$

3. Avec une pression d'une demi-atmosphère et un vide d'une demi-atmosphère.

$$h = 1\ {}^1/_2$$
$$h_1 = {}^1/_2$$
$$v' = 9^m,49$$

Ces résultats démontrent que dans une conduite de longueur et de section déterminées, on change notablement la vitesse si on modifie les pressions aux deux extrémités, tout en laissant leur différence constante. Ces formules se rapportent au transport des étuis dans les tubes, parce que le frottement de ceux-ci est assez faible pour pouvoir être négligé comparativement au frottement de l'air.

En les appliquant au premier cas renseigné au tableau donné plus haut, c'est-à-dire au transport de Te-

legraph Street à Fenchurch Street, on trouve en faisant

$$l = 896^m$$
$$d = 0^m,0571$$
$$a = 15950$$
$$h = 1^{atm},68$$
$$h_1 = 1$$

Vitesse moyenne $v' = 12^m,53$.

En pratique, les 896 mètres étant franchis en 72 secondes, la vitesse moyenne réelle est de $12^m,44$. La différence entre cette vitesse et celle tirée de la formule est donc très-faible.

Il est à remarquer que la formule de MM. Siemens s'écarte de celles données par plusieurs auteurs, en ce que la vitesse y est proportionnelle à la première puissance de la pression. En outre, d'après Coulomb, le coëfficient de frottement serait indépendant de la nature des conduites.

D'après les expériences que M. Poncelet a faites au moyen des appareils de M. Pecqueur, la vitesse de l'écoulement des gaz dans les longues conduites est donnée par la formule

$$V^2 = \frac{2\,g\,(P-p)}{0{,}024k.\frac{L}{D}}$$

dans laquelle

$g = 9{,}808$
K. poids du mètre cube de gaz,
L. longueur de la conduite,
D. diamètre id.
P et *p*, pressions du gaz aux deux extrémités de la conduite.

Cette formule a été établie dans l'hypothèse que les gaz se comportent comme les liquides, c'est-à-dire qu'ils sont incompressibles et que l'effort utile, *P-p*, est équilibré par le frottement du gaz dans la conduite. La perte

de vitesse provenant de la contraction du jet fluide à la sortie du réservoir, des coudes et de la fórce vive que possède l'air à son arrivée est négligée dans cette formule.

Le poids K doit être pris à la pression $A + P$, A représentant la pression atmosphérique.

En appliquant cette formule à la conduite de Telegraph Street à Fenchurch Street, on trouve

$$V = 12^m,96.$$

Il résulte de l'inspection du dernier tableau que nous avons donné que les chiffres représentant les forces des machines en Angleterre sont très-variables. Nous allons tâcher de faire l'évaluation approximative de la force minimum qu'exige le fonctionnement d'une longueur déterminée de tubes.

Prenons le cas d'un tube en plomb de 1,000 mètres de longueur et de $0^m,057$ de diamètre, fonctionnant par le système de M. Clark. Admettons que le travail de la machine doit être réglé de façon à maintenir, sur l'étui qui circule dans le tube, une pression constante de $0^k,702$ par centimètre carré. Ce travail est représenté par la formule

$$T = S.\ P.\ V.$$

S étant la section du tube.
P la pression par unité de surface.
V le chemin parcouru en une seconde.

Les valeurs S et P sont connues; il reste à déterminer V au moyen de la formule de MM. Siemens.

$$V = 15,950 \frac{h^2 - h_1^2}{2 h^2} \sqrt{\frac{d}{l}}$$

Si l'on agit par air comprimé, la pression totale de

cet air est de $1^k,735$, la pression de l'atmosphère sur l'autre face de l'étui étant de $1^k,033$; donc

$$h = 1,68$$
$$h_1 = 1$$
$$\text{et } V = 11^m,80$$

En substituant cette valeur, on obtient

$$T = 211,22 \text{ kilogrammètres.}$$

Ce qui correspond à 2,81 chevaux-vapeur.

En adoptant 0,63 pour coëfficient d'effet utile, on déduit que la force nominale de la machine doit être de 4,46 ch. v. La longueur de tube par cheval de force serait dans ce cas de 224 mètres.

Ce chiffre est un peu supérieur à celui qui représente la force relative de la machine de Birmingham.

Si l'étui est aspiré par le vide, la tension de l'air dans les réservoirs doit être de $0^k,331$, seulement, pour que l'excès de pression atmosphérique sur l'étui soit de $0^k,702$. Dans ce cas

$$h = 1$$
$$h_1 = 0,320$$
$$\text{et } v = 16^m,19$$

Le travail correspondant est de 289 kilogrammètres, ce qui est le produit de 3,86 chevaux-vapeur.

La force nominale de la machine doit donc être de $\frac{3,86}{0,63} = 6,12$ ch. v. La longueur de tube par cheval de force est dans cette circonstance de 163 mètres.

Cette longueur doit être considérée comme le maximum que l'on pourrait adopter avec des tubes du système de M. Clark. Nous pensons qu'en pratique, il y aurait lieu, afin de tenir compte des résistances qui pourraient se produire par suite des sinuosités des conduites, de ne pas dépasser 150 mètres par cheval de

force. Ce chiffre se rapproche beaucoup de ce qui existe à Londres.

Nous aborderons maintenant l'évaluation des frais d'installation des tubes pneumatiques de l'un et de l'autre système.

Comme base d'appréciation, nous prendrons, pour les tubes du système Clark, une partie des frais auxquels a donné lieu l'installation de Glascow :

Machine à vapeur de 7 chevaux, avec une chaudière.	fr.	12,375 00
Fourniture et pose de tubes de 0^m,057 de diamètre; 220 mètres à fr. 21,988	»	4,837 50
Total.	fr.	17,212 50

Les frais d'installation d'un tube de 1,000 mètres de longueur, desservant deux bureaux, seraient, approximativement, les suivants, en adoptant, d'après le calcul fait plus haut, 7 chevaux pour force de la machine et en faisant abstraction des dépenses qu'entraînerait l'appropriation des bâtiments :

Machine de 7 chevaux, avec une chaudière	fr.	12,375 00
Cheminée.	»	300 00
Tubes de 0^m,057 de diamètre . .	»	21,980 00
Valves.	»	500 00
Placement des valves	»	37 50
Caisse de réception pour le bureau extrême	»	57 50
Sonneries électriques	»	125 00
Total.	fr.	35,375 00

D'après MM. Siemens, les frais d'installation des

tubes de leur système seraient, par kilomètre de ligne simple :

Fourniture et pose des tuyaux .	fr.	15,700 00
Machines, valves, étuis, etc. . .	»	7,900 00
Total	fr.	23,600 00

La conduite étant double, l'installation de deux bureaux distants d'un kilomètre coûterait :

Machines, valves, tubes, étuis .	fr.	47,200 00
Fourneau, cheminée	»	700 00
Sonneries électriques	»	125 00
Total	fr.	48,025 00

Il nous reste à examiner, comme conclusion de ce rapport, quels sont les avantages économiques que présente l'emploi des tubes pneumatiques, comparativement à la transmission par appareils électriques.

Supposons qu'il s'agisse de mettre en relation, par des tubes du système de M. Clark, deux bureaux distants de 1,000 mètres. En admettant les chiffres donnés plus haut, les frais annuels seront approximativement les suivants :

Intérêts à 5 % du capital d'installation	fr.	1,778 75
Amortissement	»	376 00
Charbon	»	1,022 00
Eau.	»	63 87
Huile, chanvre, etc.	»	170 00
Entretien des piles des sonneries .	»	30 00
Nettoyage de la chaudière, réparations diverses	»	200 00
Salaire du machiniste	»	1,095 00
» de 2 apprentis	»	949 00
Total	fr.	5,674 62

Ce calcul a été fait dans l'hypothèse que les tubes fonctionnent les 365 jours de l'année et 10 heures par jour, que la durée des machines est de 25 ans et celle des tubes de 50.

Or, les frais annuels auxquels donne lieu la correspondance par un fil télégraphique desservi par un appareil Morse, peuvent être évalués comme il suit :

Intérêt et amortissement du capital d'installation (fr. 1,200)	fr.	120 00
Entretien de la pile	»	45 00
Papier en bandes	»	380 00
Réparations	»	40 00
Traitement de 2 employés . . .	»	3,200 00
Total	fr.	3,785 00

Il y a donc une économie de fr. 1,895 38 à installer des tubes pneumatiques, lorsque les télégrammes à échanger entre les deux bureaux sont assez nombreux pour exiger la mise en service de deux fils conducteurs. Si les conditions locales sont telles qu'un grand nombre de bureaux puissent être raccordés au bureau central par des tubes, l'économie augmente sensiblement parce que les frais de salaire du machiniste et des apprentis, répartis sur l'unité de longueur, sont beaucoup plus faibles.

Supposons, par exemple, qu'un bureau central doit être mis en relation avec deux bureaux extrêmes éloignés d'un kilomètre et que le trafic entre ces deux bureaux correspond au travail de deux fils Morse.

La dépense annuelle qu'occasionneraient des appareils Morse serait de	fr.	15,140 00
Si le service se fait par des tubes pneumatiques, un machiniste et trois		
A reporter.	fr.	15,140 00

Report.	fr.	15,140 00
apprentis seront suffisants et les frais n'atteindront que	»	9,764 74
L'économie annuelle réalisée par l'emploi des tubes serait donc de	fr.	5,375 26

Ces chiffres sont, pensons-nous, le meilleur argument que l'on puisse faire valoir en faveur des tubes pneumatiques.

Il est à considérer que le chiffre de fr. 1,895 38 ne représente que le minimum d'économie que l'on peut réaliser. En effet, un étui de 0^{m},057 de diamètre pouvant contenir 15 télégrammes et 30 envois, au moins, pouvant être faits en une heure sur un parcours d'un kilomètre, il est possible d'expédier 450 télégrammes par heure. Ce transport représente le travail de 22 fils Morse. L'économie que l'on réaliserait dans ces circonstances serait considérable.

Il n'est pas à supposer qu'on puisse, en pratique, se trouver dans des conditions aussi favorables, un tel trafic entre deux bureaux ne pouvant être qu'un fait exceptionnel, auquel on ne peut faire face au moyen des appareils électriques actuels, mais cette grande rapidité de transmission constitue un second avantage du système. Elle assure, en effet, la régularité du service, même dans les moments d'accroissement subit du mouvement, par suite d'opérations de bourse, de conclusions de marchés importants, de crises politiques, etc.

D'après les relevés que nous avons donnés plus haut, les appareils de MM. Siemens sont, dans le cas supposé, d'une installation plus onéreuse que ceux de M. Clark. La différence provient uniquement de ce que la longueur totale de la conduite est double, car le prix du mètre courant de conduite est moindre que

dans le système Clark. Par contre, plusieurs bureaux pouvant être intercalés dans le même circuit, lorsque leur nombre s'élève à quatre, y compris le bureau central, les frais de construction de conduite sont généralement moins élevés que dans le système Clark, parce que, dans cette circonstance, la longueur totale de tuyaux est à peu près la même.

Il est, toutefois, à remarquer que la durée des tuyaux de MM. Siemens doit être moindre que celle des tuyaux adoptés dans le système de M. Clark, et que le service est moins compliqué lorsque chaque bureau est relié directement au bureau central par un tube destiné à son usage exclusif. En outre, un courant d'air circulant continuellement dans les tubes de MM. Siemens, il y a perte de force motrice si la correspondance n'est pas suffisante pour que les tuyaux soient toujours traversés par un étui, en un point quelconque de leur parcours. D'un autre côté, le rendement des tubes de MM. Siemens peut être supérieur à celui des tubes de M. Clark, puisqu'il est possible (en rejetant, bien entendu, les instructions basées sur le block system, en vigueur à Londres) d'expédier un étui avant que le précédent soit arrivé au bureau voisin

Les avantages économiques que présente l'application de l'un ou de l'autre système dépendent donc des conditions locales qui existent dans chaque cas particulier.

31 Janvier 1872.

DU TRAVAIL DE RÉVISION

DES

STATUTS DES CAISSES DE PRÉVOYANCE

EN FAVEUR DES OUVRIERS MINEURS,

CONFORMÉMENT A LA LOI DU 28 MARS 1868.

EXAMEN DES COMPTES DES ANNÉES 1866 A 1871;

PAR

M. Aug. VISSCHERS,

MEMBRE DU CONSEIL DES MINES

CHAPITRE PREMIER.

RAPPEL DES PRINCIPES QUI ONT PRÉSIDÉ A L'ÉTABLISSEMENT DES CAISSES DE PRÉVOYANCE EN FAVEUR DES OUVRIERS MINEURS.

Les caisses de prévoyance des ouvriers mineurs, ou du moins la plupart d'entre elles, viennent d'entrer dans une phase nouvelle de leur existence. *Reconnues*, c'est-à-dire ayant acquis la qualité de personnes civiles ou morales, conformément à la loi du 28 mars 1868, les caisses de prévoyance du bassin de Charleroi et des provinces de Liége, de Namur et de Luxembourg peuvent désormais ester en justice, recevoir des donations ou des legs d'objets mobiliers; elles jouissent de l'exemption des droits de timbre et d'enregistrement pour tous actes passés en leur nom ou en leur faveur. Sont exempts des mêmes droits, tous certificats, actes

de notoriété ou autres, dont la production doit être faite pour le service de ces caisses. Elles pourront obtenir exemption des frais de procédure, en se conformant à l'arrêté royal qui sera pris en vertu de l'art. 4 de la loi du 28 mars 1868.

Associations créées primitivement pour une durée ou avec un engagement de leurs membres, limité à cinq, six ou dix années, des arrêtés royaux ont successivement renouvelé l'approbation donnée à leurs statuts. Depuis leur origine, de constantes relations ont été entretenues par ces institutions avec l'autorité supérieure. Les caisses ont reçu, chaque année, une part dans les subventions que la législature leur a votées. Mais un long laps de temps ne s'était pas écoulé que, de plusieurs côtés, l'on demanda que ces caisses, fondées dans l'intérêt de la classe des ouvriers mineurs, devinssent permanentes. Dès 1848, l'honorable M. Wautelet fit, au sein du conseil provincial du Hainaut, la proposition de demander aux Chambres qu'une loi rendît obligatoire, pour les sociétés charbonnières, leur participation aux caisses de prévoyance. On reconnaissait *unanimement* combien il importait de maintenir une œuvre si éminemment utile à la classe ouvrière et si propre à moraliser les masses (1). Dans sa séance du 17 juillet 1850, le conseil provincial émit le vœu « que » le gouvernement avise aux moyens de faire jouir, » d'une manière permanente, tous les ouvriers mi- » neurs des bienfaits résultant des caisses de pré- » voyance. »

Peu de mois auparavant, le Ministre des travaux publics de cette époque, M. Rolin, avait consulté le Conseil des mines sur le même objet. Une exploitation charbonnière importante, celle des *Vingt-quatre Actions*,

(1) Caisse de prévoyance établie à Mons en faveur des ouvriers mineurs. — Rapport annuel de 1848, p. 41. Mons, 1849.

à Quaregnon, venait d'être le théâtre d'un terrible accident. Une explosion de *grisou*, survenue le 22 mars 1850, y avait fait périr soixante-seize ouvriers mineurs. Le Ministre écrivait au Conseil des mines, en date du 13 avril suivant : « J'ai la ferme conviction, » Messieurs, que le gouvernement ne ferait pas vainement un appel aux Chambres législatives. La sympathie qu'elles ont montrée, en toutes occasions, pour » l'amélioration du sort des classes laborieuses, est un » sûr garant de leur concours. Je pense donc qu'un » projet de loi ayant pour but d'*obliger les exploitants* » *de mines à prendre part aux caisses de prévoyance,* » serait favorablement accueilli par la législature. »

Le Ministre terminait sa lettre en disant : « Avant » d'aborder l'étude de cette affaire, si vous désirez, » Messieurs, avoir l'avis des commissions administra» tives des caisses établies dans nos différents bassins » de mines, veuillez me le faire savoir; je m'empres» serai de les consulter. »

Dans un premier rapport en date du 28 juin 1850, fait au Conseil des mines, le conseiller rapporteur (M. Visschers), rappelant le mémoire qu'il avait publié dès 1838, et qui avait provoqué l'institution des caisses de prévoyance (1), exposait le principe d'après lequel elles avaient été établies. « Me confiant dans les vertus » et dans les forces individuelles de toutes les plus » puissantes et les plus productives ; n'appelant l'Etat » qu'à encourager et à faciliter le développement des » forces individuelles, pour les concentrer dans l'asso» ciation; refusant aux victimes de leur reconnaître un » droit absolu, parce que la charité doit être libre et

(1) *De l'établissement de caisses de prévoyance en Belgique en faveur des ouvriers mineurs.* Inséré d'abord dans la *Revue belge* qui se publiait à Liége (année 1838), ce mémoire fut reproduit l'année suivante dans la *Revue Universelle*, qui se publiait à Bruxelles.

» spontanée pour créer de puissantes ressources, j'ai » dû rechercher le secret de la prospérité de l'institu- » tion que je préconisais. Je regardais les exploitants » comme trop éclairés, je me sentais trop fort de » l'exemple pratique des nations qui nous entouraient, » pour croire que nos propositions seraient traitées » d'utopie J'attendais la réussite de cette institution » du concours de l'État, des exploitants et des ouvriers » intéressés. J'assignais à chacun la part que depuis » il y a prise. L'institution a prospéré. »

Plus loin, le rapport continuait en ces termes : « Depuis la fin du siècle dernier, l'industrie émancipée » a la *liberté* pour base de sa charte constitutionnelle. » Le contrat se forme librement entre le maître et » l'ouvrier. En Angleterre, en France, en Belgique, » comme en Allemagne, dans une foule de branches » d'industrie, les exploitants et les fabricants imposent, » par mesure réglementaire, une retenue à leurs ou- » vriers, pour l'alimentation de caisses de secours à » leur profit. Souvent les patrons contribuent à l'en- » tretien des caisses ; le lien moral entre le maître et » l'ouvrier tend à se resserrer à leur avantage mutuel. » L'équilibre entre les salaires et les besoins se main- » tient d'une part, comme d'autre part l'équilibre dans » les conditions de production et de vente. Dans le » salaire de l'ouvrier mineur, plus élevé que celui du » journalier qui travaille dans les champs, il y a une » portion qui représente les risques attachés à sa pro- » fession. Les bénéfices de l'exploitant doivent aussi » être réglés d'après les chances de cette industrie » hasardeuse ; une part représente les intérêts des ca- » pitaux exposés, une autre le bénéfice légitime de » l'entrepreneur. Spontanément, en vue d'améliorer la » condition de ses ouvriers, de les rendre plus atten- » tifs et plus assidus à leurs travaux, il peut affecter

» à leur profit une fraction de cette dernière part, sans » en grever le calcul de son prix de revient.

«... Laissons donc l'association entreprise au nom » de la charité et de la confraternité, du patronage des » uns, de l'assurance mutuelle des autres, se dévelop- » per et porter librement ses fruits. *On peut toutefois » accorder aux caisses communes de prévoyance des » avantages qui, en augmentant la somme des bienfaits » qu'elles répandent, en accroissent encore l'utilité et la » popularité*. Ce qu'un projet de loi présenté récem- » ment par le gouvernement propose de faire en faveur » des sociétés de secours mutuels, une loi peut l'appli- » quer aux caisses de prévoyance en faveur des ou- » vriers mineurs ». Le rapport décrit ensuite les bases d'un projet de loi conçu en ce sens; ce sont celles qui, adoptées par le Conseil des mines, ont servi plus tard à la rédaction des projets de loi présentés aux Chambres législatives en 1854 et en 1867.

Avant de formuler un avant-projet de loi, le Conseil des mines, profitant de l'offre que lui avait faite le Ministre, le pria de consulter les commissions administratives des caisses sur les avantages que, dans cet ordre d'idées, l'on pourrait leur accorder. Leurs réponses devaient éclairer l'administration sur les besoins de ces associations, sur les moyens de leur être utiles; et l'appui de la loi, la direction morale que l'institution recevrait du concours simultané du gouvernement et des exploitants achèveraient d'assurer le succès de ces caisses déjà entrées dans les habitudes et dans les besoins de la classe des ouvriers mineurs.

L'accident arrivé le 22 mars 1850 à la houillère des *Vingt-quatre Actions*, à Quaregnon, avait provoqué l'émission du vœu exprimé par le conseil provincial du Hainaut, dont nous avons parlé plus haut. Ainsi que la lettre du Ministre, ce vœu avait essentiellement

pour objet de faire jouir, d'une manière permanente, tous les ouvriers mineurs des bienfaits résultant des caisses de prévoyance. Un second rapport fait au Conseil des mines, en date du 9 août 1850, continue à développer le système préconisé dans le rapport précédent. En élevant les caisses de prévoyance au rang d'établissements d'utilité publique, en les dotant des priviléges qui n'appartiennent qu'aux personnes civiles, la loi donnerait aux caisses communes des divers bassins de mines une prééminence incontestable sur toute association particulière ou caisse isolée. Mais cet appui, cette protection de la loi, doivent être subordonnés à l'accomplissement de certaines conditions.

La première et la principale de ces conditions, c'est la *permanence* des caisses. Cette permanence est la seule garantie de la continuité des versements et de la constitution d'un fonds de pensions, pour sûreté des obligations contractées par la caisse. Le vœu émis par le conseil provincial du Hainaut indique le sens des réformes à faire dans les caisses communes de prévoyance. Le rapport termine en demandant au Ministre de recueillir l'avis des députations provinciales sur ces questions et sur les observations que présenteraient les commissions administratives des caisses.

Dans l'enquête ordonnée par le Ministre, on recueillit en outre l'avis des ingénieurs en chef des mines de Mons et de Liége. Un rapport fait au Conseil des mines, dans sa séance du 7 décembre 1852, analysa toutes les pièces de l'enquête. Il fut suivi d'un avis rendu par le Conseil, dans sa séance du 17 du même mois, adoptant les conclusions du rapporteur, et formulant un avant-projet de loi. C'est ce même projet qui, modifié seulement en quelques points, a été présenté successivement à la législature par les ministres

MM. Ém. Van Hoorebeke et Vander Stichelen et converti en loi sous la date du 28 mars 1868 (1).

Les considérants de l'avis du Conseil des mines méritent d'être rapportés, comme justifiant entièrement les conclusions auxquelles il s'était arrêté. Nous croyons utile de les reproduire textuellement :

« Considérant que, sans vouloir introduire dans la législation des principes nouveaux et fort contestables, tels que la retenue obligatoire sur le salaire des ouvriers et la contribution obligatoire des patrons au profit de ces derniers, on peut arriver au résultat de rendre les caisses de prévoyance permanentes et d'en généraliser les bienfaits, par l'emploi d'autres moyens ;

« Qu'en présence des développements dans lesquels est entré le rapporteur, le Conseil ne croit pas nécessaire d'approfondir et de réfuter de nouveau le système qui tend à obliger, par une loi, les exploitants de mines à s'associer pour une œuvre de bienfaisance et de prévoyance ;

« Qu'il faut chercher plutôt à fortifier et à encourager l'esprit d'association, de manière à en étendre les bienfaits, à faire entrer dans les habitudes, dans les conditions du travail de l'ouvrier mineur, l'existence de la caisse de prévoyance, ou la distribution des secours que cette caisse accorde ; ce qui obligera tous les exploitants des mines ou à s'y rattacher, ou à distribuer, de leurs deniers, des secours équivalents à ceux que procure cette institution ;

« Considérant que, tout en encourageant les associations d'exploitants de mines, formées dans l'intérêt de leurs ouvriers, il convient de préciser le but de ces institutions, le cercle de leur action, les avantages qu'une loi peut leur accorder, les garanties que réclame la société, les conditions qui assurent la bonne gestion des caisses ; et que, pour une partie de ces conditions et garanties, la loi du 3 avril 1851 sur les sociétés de secours mutuels, offre, à la fois, un précédent et des détails fort utiles ;

« Considérant, toutefois, que les caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs présentent un champ plus vaste que les sociétés de se-

(1) Toutes les pièces de l'enquête, ainsi que les rapports faits au Conseil des mines sous les dates des 28 juin et 9 août 1850, 7 décembre 1852, et l'avis du Conseil du 17 décembre, ont été imprimés, par ordre de la Chambre des Représentants, à la suite du projet de loi présenté par M. Van Hoorebeke le 26 janvier 1854.

cours mutuels, puisqu'il est interdit à ces dernières, si elles veulent être reconnues par le gouvernement, de promettre des pensions viagères;

« Que, non-seulement l'action des caisses de prévoyance s'étend sur un plus grand nombre d'associés, puisque les six caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs, existantes dans le royaume, comprennent *cinquante-deux mille* ouvriers (1), mais que leurs ressources et leurs charges sont plus considérables que cela n'a lieu, d'ordinaire, dans les sociétés de secours mutuels;

« Que le service des pensions notamment réclame une forte réserve, et qu'il est à désirer que ces établissements, une fois formés, ne viennent pas à se dissoudre;

« Que, ces prémisses posées, il est inutile de justifier en détail les modifications que la loi devra introduire au système adopté précédemment pour les sociétés de secours mutuels lorsqu'on cherchera à l'appliquer aux caisses de prévoyance ;

« Que ces modifications, comme l'ensemble du système proposé, sont insérées dans le projet de loi suivant, qui, avec les explications contenues dans le mémoire ci-annexé du rapporteur, ne paraît pas avoir besoin d'un nouveau commentaire. »

Le projet de loi tendant à faire reconnaître « comme » établissements d'utilité publique » les caisses de prévoyance des ouvriers mineurs fut présenté à la Chambre des Représentants, le 26 janvier 1854. Il était dit, dans l'Exposé des motifs, que la forme sous laquelle ces institutions avaient prospéré depuis plus de quatorze années paraissait suffire pour leur donner un caractère permanent et pour leur conférer les avantages dont jouissent les établissements d'utilité publique reconnus par la loi. Le 3° de l'art. 3 mentionnait donc : « la faculté de recevoir des donations » et des legs, moyennant l'accomplissement des for- » malités prescrites par le n° 3 de l'art. 76 de la loi » communale. »

Le Conseil des mines avait insisté, dans son rap-

(1) Le nombre des ouvriers mineurs affiliés aux caisses est actuellement de près de *cent mille*; il s'est accru d'environ 100 p. %.

port, sur la convenance de ne pas limiter, vu les besoins des caisses, l'élan de la *charité*, lorsqu'elle s'exercerait en leur faveur. « En reconnaissant les caisses » de prévoyance, » y était-il dit, « comme établisse» ments d'utilité publique, il y a lieu d'en laisser » découler toutes les conséquences, nous ne dirons » pas dans l'application, mais dans l'énoncé de la » règle générale. » Une durée illimitée n'est pas absolument nécessaire aux sociétés de secours mutuels; elle est indispensable, au contraire, aux caisses de prévoyance qui accordent des pensions viagères et exigent l'accumulation de capitaux considérables. Le projet de loi présenté par M. Van Hoorebeke n'avait rien changé à la rédaction proposée par le Conseil des mines.

A la fin de la session de 1857, lorsqu'à la suite de la discussion de lois politiques le Roi eut dissous les Chambres, le rapport de la section centrale sur le projet de loi de janvier 1854 n'avait pas encore été déposé. D'après la jurisprudence de la Chambre des Représentants, ce projet était mis à néant.

De nombreuses démarches personnelles pour en obtenir un nouvel envoi à la législature échouèrent jusqu'à ce que, le 10 mai 1867, le ministre M. Vander Stichelen vint présenter à la Chambre des Représentants un projet concernant ces caisses légèrement modifié. « Il semble superflu, » disait-il dans l'Exposé des motifs, « d'entrer dans de longs développements pour » faire ressortir les avantages de ces institutions de » prévoyance; elles sont assez connues, et l'on ne peut » que rendre hommage à l'esprit de sagesse qui a pré» sidé à leur création. » Sauf un petit nombre de points, le projet de loi reproduisait les termes du projet précédent. Ainsi, à l'article 1er, l'on avait effacé l'expression « d'établissements d'utilité publique. » Malgré la différence existant entre les caisses de pré-

voyance et les simples sociétés de secours mutuels, il y était marqué que les premières pourraient, « comme » les sociétés de secours mutuels, être reconnues par » le gouvernement. » On ajouta au n° 3 l'art. 3 quelques mots qui en restreignaient la portée : la faculté de recevoir des donations et des legs fut limitée aux objets *mobiliers*. Pour seule explication, l'Exposé des motifs annonce qu'il a paru *préférable* de limiter, d'une manière précise, aux objets mobiliers, la faculté de recevoir des donations et des legs, « faculté qui était énon» cée d'une manière vague dans l'art. 3, n° 3 de l'an» cien projet. »

Sur le rapport fait au nom de la section centrale par l'honorable M. Elias, le projet de loi fut adopté, à l'unanimité des voix, par la Chambre des Représentants, dans sa séance du 19 novembre 1867. *Quatorze années* s'étaient écoulées depuis la première présentation du projet ! La loi fut promulguée sous la date du 28 mars 1868. (*Moniteur belge* du 2 avril 1868, n° 93.)

L'honorable M. Jamar avait succédé, quelques mois auparavant, au Ministre auteur du second projet. Ce fut donc sous les auspices de M. Jamar que dut commencer le travail de révision des statuts, destiné à les mettre entièrement en harmonie avec la nouvelle loi.

CHAPITRE II.

DU TRAVAIL DE RÉVISION DES STATUTS DES CAISSES DE PRÉVOYANCE EN FAVEUR DES OUVRIERS MINEURS, CONFORMÉMENT A LA LOI DU 28 MARS 1868.

Pour préparer l'exécution d'une loi qui devait accorder de grands avantages, une existence civile et des priviléges légaux aux caisses de prévoyance des ouvriers mineurs, M. le Ministre adressa en janvier 1869, aux députations permanentes des provinces minières, un « Avant-projet de règlement » en exécution de l'article 4 de la loi du 28 mars 1868. Cet avant-projet fut imprimé et distribué. Le Ministre le fit suivre de deux circulaires portant les dates des 9 et 16 janvier 1869 (1).

C'est le moment d'avouer qu'aussitôt après la publication de la loi, dès les premiers jours d'avril, j'avais fait offre de services à M. le Ministre, pour le seconder dans les mesures préparatoires d'exécution que cette loi nécessitait. Cette offre, toute désintéressée, avait été d'abord acceptée, puis était restée sans effet. Je pris la liberté de la rappeler plus tard au Ministre, en lui faisant part de mes appréhensions sur l'inefficacité de la marche suivie. J'avais, dans l'intervalle, publié l'écrit mentionné en note. Ce ne fut qu'à la veille des élections dont le résultat occasionna la retraite du ministère dont l'honorable M. Jamar faisait partie, qu'il signa, sous la date du 13 juin 1870, un arrêté dont la teneur suit :

(1) Il a été fait allusion à l'Avant projet de règlement dans le mémoire intitulé : *Des conditions essentielles d'existence des caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs*, inséré à la page 289 du tome XXVII des *Annales des travaux publics*. Bruxelles, 1869. En présence d'essais qui ne me paraissaient pas de nature à amener un résultat fructueux, j'avais jugé opportun de recourir au moins à la voie des conseils indirects.

ART. 1er. Il est institué, près du département des travaux publics, une commission chargée de donner son avis sur l'exécution et l'application de la loi du 28 mars 1868, relative aux caisses de prévoyance des ouvriers mineurs, ainsi que sur la révision des statuts desdites caisses.

ART. 2. Cette commission est composée ainsi qu'il suit :

MM. VISSCHERS (A.), conseiller au Conseil des mines, *président;*
JOCHAMS, inspecteur général des mines, *vice-président;*
Les ingénieurs en chef des deux directions des mines ou, en cas d'empêchement, l'ingénieur principal qu'ils auront délégué;
DUPONT, chef de division au Ministère des travaux publics;
Un délégué de chaque caisse de prévoyance;
WITMEUR (H.), sous-ingénieur des mines, *secrétaire.*

ART. 3. La commission m'adressera un rapport dans un court délai.

En exécution de cet arrêté, les commissions administratives des caisses de prévoyance nommèrent des délégués parmi leurs membres. Ce furent pour les différentes caisses :

MM. HENRI JORDAN, vice-président de la caisse du Couchant de Mons;
AD. DULAIT, vice-président de la caisse du bassin de Charleroi;
GRAVEZ, membre de la commission administrative de la caisse du Centre;
F. BRACONIER, secrétaire de la caisse de la province de Liége;
BENOÎT-FABER, vice-président de la caisse de la province de Namur;
JACQUIER, président de la caisse de la province de Luxembourg.

Le ministère des travaux publics resta sans titulaire pendant plusieurs mois. La réunion des délégués, dont les séances devaient être d'abord fréquentes, présentait des difficultés, à cause de leur éloignement de la capitale. Des instructions ministérielles détaillées devaient précéder le travail de révision Ces instructions devaient développer les principes de la loi, les conditions et les garanties qu'elle exigeait pour l'approbation des statuts. Lorsque ces instructions auraient été arrêtées par

le Ministre, l'application des règles tracées devenait plus facile, pouvait s'opérer sans froissement au moyen d'une simple correspondance ou de conférences avec les délégués de chaque caisse individuellement. Un nouveau chef était à la tête du département des travaux publics. Le Ministre, l'honorable M. Wasseige, ayant apprécié les difficultés qui lui furent démontrées, chargea un comité pris dans le sein de la commission générale et composé de MM. Visschers, Jochams, Rucloux, Laguesse et Dupont, de préparer une circulaire exposant les principes de la loi et les règles à suivre pour la révision des statuts. La circulaire adressée, avec la signature de M. Wasseige, aux députations des provinces de Hainaut, de Liége, de Namur et de Luxembourg, porte la date du 25 mars 1871. Elle a été insérée au *Moniteur belge* du 16 avril, n° 106 (1).

Le travail de révision des statuts des différentes caisses commença immédiatement après : on prit pour base de l'examen, pour chaque caisse, le texte des statuts adoptés en dernier lieu, par l'assemblée générale des exploitants, en vue de profiter des avantages assurés par la loi. On correspondit avec les délégués pour obtenir quelques modifications sur un petit nombre de points, et plus d'une difficulté, de nature diverse, occasionna des retards dans le travail. A tous les degrés d'avancement, le comité eut soin de tenir le Ministre au courant de la marche de l'instruction. Enfin, l'accord s'étant établi sur tous les points avec les délégués des caisses du bassin de Charleroi et des provinces de Namur et de Luxembourg; les statuts revisés approuvés par les assemblées générales, ou par les commissions administratives d'après les pouvoirs qu'elles en avaient reçus ; les députations permanentes

(1) Cette circulaire est reproduite aux *Documents administratifs* du tome XXX des *Annales des travaux publics*, p. 559 et suiv.

entendues dans leurs observations, conformément à l'art. 2 de la loi du 28 mars 1868, les statuts de ces trois caisses furent transmis le 6 février 1872, avec un avis favorable, au Ministre (M. Moncheur) ; mais un incident soulevé par le Ministre apporta inopinément un retard à l'approbation si vivement attendue des statuts de ces trois caisses.

Par lettre du 4 mars, le Ministre crut devoir consulter son collègue M. le Ministre de la justice sur une question qui formait doute dans son esprit. Devenue personne civile, la caisse de prévoyance de Charleroi pouvait-elle conserver dans ses statuts une disposition comme celle de l'art. 6, qui autorisait l'assemblée générale à voter, chaque année, sur la réserve, une somme « consacrée à améliorer la condition morale de » l'ouvrier et à propager l'instruction parmi ses en» fants ? »

Voici la lettre de M. le Ministre, où il expose les difficultés de la question :

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Bruxelles, le 4 mars 1872.

Monsieur le Ministre,

La loi du 28 mars 1868 concernant les caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs ayant été présentée et contresignée par les Ministres de la justice et des travaux publics, il convient que les questions qu'elle soulève dans son application soient résolues de commun accord entre nos deux départements.

Par arrêté du 13 juin 1870, mon prédécesseur avait institué une commission chargée de donner son avis sur l'exécution et l'application de la loi, ainsi que sur la révision des statuts des caisses de prévoyance.

Cette commission ayant terminé une partie de son travail vient de me

soumettre trois projets d'arrêtés royaux tendant à approuver, sous les conditions y déterminées, les statuts présentés par les commissions administratives des caisses de prévoyance des provinces de Namur, de Luxembourg et du bassin de Charleroi.

Ces statuts ont été soumis, en conformité de l'art. 2 de la loi, à l'avis des députations permanentes des conseils provinciaux de Namur, Luxembourg et du Hainaut.

Cette dernière a émis l'avis qu'il y avait lieu de supprimer l'art. 6 des statuts de la caisse du bassin de Charleroi, ainsi conçu :

« Des fonds de l'association peuvent, en vertu d'une décision de » l'assemblée générale qui en fixe le montant, être consacrés à amélio- » rer la condition morale de l'ouvrier et à propager l'instruction parmi » ses enfants. »

Ledit collége ne peut admettre, dit-il, que des retenues faites sur les salaires soient affectés à l'instruction; ce serait un changement de destination du fonds social que rien ne justifie.

La commission n'ayant pas partagé cet avis a maintenu l'art. 6 précité. Dans son opinion, les caisses de prévoyance ont un double but : l'amélioration de la condition matérielle de l'ouvrier et l'amélioration de sa condition morale qui, selon elle, rentre entièrement dans l'idée qui a présidé à l'établissement de ces caisses.

Quant au but des caisses de prévoyance, il est déterminé par l'art. 1er § 2 de la loi, dont voici la teneur :

« Les caisses de prévoyance ont pour objet d'accorder, dans les con- » ditions et dans les limites à déterminer par leurs statuts, des pensions » et secours. »

Ne peut-on pas admettre que cette disposition autorise l'application d'une somme quelconque du fonds social à l'amélioration de la condition morale de l'ouvrier ou à la propagation de l'instruction parmi ses enfants? Telle est la question que soulèvent les avis contradictoires de la commission et de la députation permanente du Hainaut.

Une autre question peut être soulevée subsidiairement : celle de savoir si, dans le cas où un legs serait fait à une caisse, sous la condition de l'appliquer en totalité ou en partie à l'instruction, la commission administrative de cette caisse pourrait, en vertu de la loi, être autorisée à l'accepter ?

Je vous prie, Monsieur le Ministre, de vouloir bien m'éclairer de vos lumières pour la solution à donner à ces questions.

L'affaire présentant un certain caractère d'urgence, il me serait agréable de recevoir votre réponse le plus tôt possible.

Le Ministre des Travaux publics,
(Signé) F. MONCHEUR.

M. le Ministre de la justice répondit à son collègue par la lettre suivante :

MINISTÈRE DE LA JUSTICE.

Bruxelles, le 10 avril 1872.

Monsieur le Ministre,

Par votre lettre du 4 mars 1872, 3e division, n° 3860, vous avez bien voulu soumettre à mon avis la question de savoir si une partie des fonds appartenant aux caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs peut être affectée, par un article des statuts de ces caisses, à l'amélioration de la condition morale de l'ouvrier et à la propagation de l'instruction parmi ses enfants.

La loi du 28 mars 1868 n'a eu d'autre but que d'étendre aux caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs, le bénéfice de la loi du 3 avril 1851 sur les sociétés de secours mutuels. Elle était rendue nécessaire uniquement pour la faculté de donner des pensions que n'ont pas ces dernières. Elle ne diffère de la loi de 1851 que sous ce rapport. (Exp. des motifs. *Ann. parl.* Déc. 1866-1867, p. 398.)

Or, les termes de l'art. 1er de la loi de 1851, plus explicites que ceux de la loi de 1868, ne comportent pas l'emploi des fonds communs à l'instruction des enfants des associés. La loi n'a en vue que des secours matériels. Les discussions le démontrent mieux encore que le texte.

Les mots : *pensions* et *secours,* dont se sert l'art. 13 de la loi de 1868, ne comportent, dans leur sens usuel, d'autre idée que celle de la presta-

tion d'objets matériels. L'art. 6 qui déclare les pensions et secours incessibles et insaisissables confirme cette interprétation.

D'autre part, il résulte des travaux préparatoires de la loi (*Ann. parl.* 1853-1854, p. 775 et suivantes) que le législateur s'est préoccupé des dangers que pourrait présenter l'affectation des ressources communes à des objets trop multipliés.

Les familles nécessiteuses trouvent, au surplus, dans l'organisation de l'enseignement et dans les obligations que la loi impose aux communes et aux bureaux de bienfaisance, un moyen assuré de procurer à leurs enfants une instruction convenable.

Enfin, la loi sur les bourses fournit à ceux qui voudraient affecter particulièrement leurs libéralités à l'instruction de certaines catégories de personnes, le moyen de satisfaire leurs intentions généreuses.

Ces considérations me portent donc, Monsieur le Ministre, à donner à la question que vous m'avez posée une solution négative.

Le Ministre de la Justice,
(Signé) DE LANTSHEERE.

En fait, quelques explications paraissent nécessaires. L'objet n'était pas bien important. Quelque rigoureuse que doive être l'application des principes de droit, écoutons les parties en cause afin d'apprécier la nature du débat.

Les deux caisses de prévoyance fondées originairement dans le Hainaut, à Mons et à Charleroi, et dont la première recevait, chaque année, de la Société générale pour favoriser l'industrie nationale, une somme de 5,000 francs pour propager l'instruction parmi les enfants d'ouvriers, avaient l'une et l'autre inscrit dans leurs statuts cet art. 6, objet du débat. Instituée dans des vues de patronage moral autant que d'assistance matérielle en cas d'accident, on avait couronné l'œuvre en lui donnant cet utile complément. Des arrêtés royaux, en date des 30 et 31 décembre 1840, avaient approuvé, dans leur ensemble, les statuts de ces

caisses ; et, à l'expiration de chaque période décennale, l'approbation avait été renouvelée. Versant à la caisse commune une somme égale au montant des retenues opérées sur le salaire de leurs ouvriers, les sociétés exploitantes avaient pu introduire cette disposition dans leurs statuts.

Une circonstance de plus est à noter. La loi sur l'instruction primaire du 23 septembre 1842 a réglé tout ce qui concerne l'enseignement dans les écoles primaires, où les enfants, garçons et filles, sont admis à partir de l'âge de sept ans. D'après le règlement adopté par la commission administrative de la caisse de Charleroi, les sommes qu'elle accordait étaient de préférence employées à faciliter l'admission d'enfants au-dessous de cet âge dans les écoles gardiennes (ou salles d'asile); et ce règlement y mettait pour condition expresse que les patrons de l'établissement où les parents de ces enfants travaillaient *y ajouteraient une somme au moins égale*.

Le dernier rapport de la caisse de Charleroi fait connaître l'emploi de la somme votée en 1871 pour l'éducation de ces jeunes enfants.

Voici la liste des établissements où on les envoyait :

École gardienne, tenue par des religieuses de Farciennes ;

École des frères de la doctrine chrétienne à Charleroi (faubourg);

École gardienne des sœurs de charité à Charleroi (faubourg) ;

École gardienne et des filles, tenue par des religieuses, à Marchienne-au-Pont ;

École gardienne et des filles, dirigée par des religieuses, à Lambussart ;

Et ainsi de suite jusqu'à un total de vingt établissements.

Quand on songe au peu de temps que passent à

l'école les enfants d'ouvriers mineurs, que le décret de 1813 permet d'admettre dans les travaux souterrains dès l'âge de dix ans, on ne peut qu'approuver au fond les libéralités qui ont pour objet de procurer à ces enfants quelque éducation dès leur plus jeune âge. L'actif de la caisse de Charleroi, au 31 décembre de cette année, atteignait un total de *deux millions* 22,049 fr. 54 c. (V. le tableau publié à la suite de ce mémoire.) La somme votée pour l'instruction de ces jeunes enfants avait été de fr. 8,660 20 c.; ce n'était là sans doute qu'une faible dépense; mais, par suite de la condition mise à cet acte de libéralité, c'était en tout une somme de fr. 17,320 40 c., qui avait été consacrée à un emploi aussi judicieux et aussi utile.

Quelques années auparavant, la caisse de Mons, dont les statuts renfermaient une disposition pareille, avait été exposée à des critiques analogues, parties cette fois de la presse. Est-ce donc, s'écriait-on, pour soutenir des écoles de petits frères et de religieuses, que l'on prélève des *retenues sur les salaires des ouvriers?* Le rapport sur les opérations et la situation de cette caisse pour l'année 1856 répondit à ces attaques : « Lorsque, vers la fin de 1840, vous avez, Messieurs, » fondé une caisse de prévoyance pour vos ouvriers, » votre intention n'était pas seulement d'améliorer leur » condition matérielle; d'assurer des pensions aux » veuves et aux orphelins de ceux qui périssent dans » les mines, comme à ceux que leurs blessures et leur » âge mettent dans l'impossibilité de travailler encore; » vous vous préoccupiez aussi d'améliorer leur condi- » tion morale; des moyens de développer leur intelli- » gence par l'instruction; de leur inspirer, de bonne » heure, des sentiments religieux, des idées d'ordre, des » habitudes d'économie; vous vouliez enfin que tous leurs » enfants pussent jouir des bienfaits de cette éduca-

» tion populaire, que le législateur a, plus tard, si » simplement et si clairement définie, en votant l'art. 6 » de la loi du 23 septembre 1842.

«... S'il est vrai que l'on n'improvise pas en un jour, » dans les masses, la réforme des tendances, des habi- » tudes et des mœurs ; si cette réforme ne s'obtient » que lentement et par des progrès successifs pres- » qu'insensibles, vous avez pu cependant, Messieurs, » quoiqu'entrés depuis dix-sept ans seulement (aujour- » d'hui depuis trente-deux années) dans la voie que » vous vous êtes tracée, *constater ici l'existence d'une* » *amélioration incontestable*, etc. »

Aujourd'hui la cause est jugée. Comme le dit M. le Ministre de la justice dans sa lettre, « la *loi sur les* » *bourses* fournit à ceux qui voudraient affecter parti- » culièrement leurs libéralités à l'instruction de cer- » taines catégories de personnes le moyen de satisfaire » leurs intentions généreuses. »

M. le Ministre des travaux publics ayant demandé à la commission administrative de la caisse de prévoyance de Charleroi de consentir à la radiation de l'art. 6, l'assemblée générale, convoquée, prit connaissance, dans sa séance du 18 mai 1872, des deux dépêches ministérielles transcrites ci-dessus ; et, après avoir rappelé le bien que ces allocations avaient produit, sans charges pour le fonds des retenues, puisque, chaque année, le montant des pensions et secours à payer excède la part provenant des retenues opérées sur le salaire des ouvriers, l'assemblée décida, à l'*unanimité*, le maintien de cet article 6.

Peu de semaines après, toutefois, à la suite de nouvelles démarches du Ministre, l'assemblée revint sur cette décision ; elle consentit, dans sa séance du 8 juillet, à la radiation de l'article. Il est à espérer, après cela, que, donnant une nouvelle preuve de leurs dispo-

sitions généreuses, les sociétés exploitantes continueront et, au besoin, augmenteront leurs allocations pour l'envoi des enfants aux écoles. Il ne restera de cette affaire que le souvenir de l'utile initiative que l'administration de la caisse avait prise depuis l'origine.

La commission administrative de la caisse de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs et carriers de la province de Luxembourg ayant également acquiescé à la radiation d'un article pareil, M. le Ministre des travaux publics soumit au Roi, en les faisant précéder d'un rapport exposant les bienfaits résultant de l'établissement des caisses de prévoyance et les bases du travail de révision qui venait d'être opéré, des arrêtés approuvant les statuts revisés des caisses de Charleroi et des provinces de Namur et de Luxembourg. (Ce rapport au Roi et les arrêtés royaux d'approbation portant la date du 4 octobre et suivis du texte des statuts, ont été insérés au *Moniteur belge*, n^{os} des 15 et 16 octobre 1872. — Les *Annales des travaux publics* ont reproduit, aux *Documents administratifs* du tome XXX, pp. 574 et suiv., le rapport au Roi et l'arrêté approuvant les statuts de la caisse de Charleroi.)

Les statuts des caisses de prévoyance des provinces de Namur et de Luxembourg diffèrent peu de ceux de la caisse de Charleroi. On peut, toutefois, y signaler diverses modifications résultant de circonstances particulières.

La correspondance tenue avec M. le délégué de la caisse de la province de Namur révéla les difficultés que l'on rencontrait, principalement avec les Sociétés exploitant les concessions de mines métalliques et les gisements de minerai de fer, pour la fixation des tantièmes p. °/₀ à prélever sur le salaire de leurs ouvriers. Le travail, dans ces exploitations, se fait à des époques irrégulières; les ouvriers y sont payés, certains à la

journée, d'autres en plus grand nombre en raison du minerai extrait, soit brut, soit lavé. On peut difficilement, dans ces conditions, déterminer les sommes à verser dans la caisse commune. Dès le mois d'août 1871, en se fondant sur ces motifs, l'assemblée générale des exploitants avait changé les bases des retenues, sauf approbation du gouvernement. Au taux de 1 $^1/_2$ p. °/₀, l'assemblée substitua une somme fixe de douze francs par an et par ouvrier, à verser moitié par les patrons et moitié par les ouvriers. La taxe, pour ces derniers, se perçoit par trimestre, à raison de *deux francs*, quels que soient le genre de leur travail, le montant de leur salaire, le nombre de journées qu'ils ont travaillé durant ces trois mois. De même, en n'ayant égard qu'à la gravité de l'accident, on a adopté un tarif uniforme de secours pour les ouvriers, quels que soient leur genre de travail et le montant de leurs salaires. Ce système est fort simple, très-facile dans la pratique ; est-il également juste ? L'avenir l'apprendra ; en attendant, il n'a été voté que pour deux ans, à titre d'essai.

La caisse de prévoyance de la province de Luxembourg est celle qui, comparativement, compte le plus grand nombre d'ouvriers carriers, occupés à l'exploitation des riches ardoisières que possède cette province. Les accidents sont rares et, d'ordinaire, peu meurtriers dans ce genre d'exploitation. Depuis l'origine, le taux fixé pour les retenues sur les salaires et les cotisations des patrons, cumulativement, n'a été que de 1 p. °/₀. Ce taux, inscrit dans les statuts revisés, pourra-t-il toutefois être maintenu ?

En même temps que le *Moniteur* publiait les arrêtés royaux d'approbation des trois caisses de prévoyance mentionnées ci-dessus, le Ministre prenait acte de la décision par laquelle l'assemblée générale des exploi-

tants du bassin du *Centre* déclarait ne pas vouloir profiter des avantages que la loi du 28 mars 1868 accorde aux caisses de prévoyance *reconnues*. Comme les caisses de Mons et de Charleroi, celle du Centre n'a été établie d'abord que pour dix ans; mais l'approbation de ses statuts a été renouvelée régulièrement par le gouvernement à l'expiration de chaque période décennale. En se refusant à établir leur caisse de manière à la rendre permanente, MM. les exploitants de mines du bassin du Centre ont toutefois annoncé leur résolution « de » renouveler leurs engagements après chaque période » décennale, comme ils l'ont toujours fait jusqu'ici. »

Dans ces conditions, il n'a pas été permis au gouvernement de donner suite à la demande d'approbation de ses statuts faite par la caisse du Centre. La loi lui confère le droit de déterminer les garanties et conditions sous lesquelles l'approbation des statuts peut être obtenue. Or, on ne conçoit guère l'existence d'une *caisse de pensions*, dont la durée ne serait limitée qu'à un petit nombre d'années. Les versements doivent se faire, dans une semblable caisse, de manière à assurer le service des pensions pendant toute leur durée; l'établissement d'un fonds permanent est nécessaire à cet effet; le relevé des charges supportées par la caisse du Centre, et qui croissent encore d'année en année, en donne la preuve. Dans le système que l'administration de cette caisse défend, il n'y a pas de garantie, pour l'ouvrier mutilé, pour la veuve d'un ouvrier qui a péri par accident, de jouir toute leur vie de la pension qui leur a été accordée. Mais quelles sont les garanties des associés entre eux? Que l'un d'eux se refuse à reconnaître ses engagements, qu'il reste en retard de verser ses cotisations; qu'il se retire même à l'expiration d'une période décennale, en laissant à la caisse des charges considérables : on ne voit d'autre issue que des pour-

suites personnelles, des tracas, des embarras, qui aboutiront à la dissolution de l'association.

La caisse de prévoyance du bassin du Centre ne se ralliant pas au régime établi par la loi, continuera-t-elle à toucher une part dans les subsides annuels votés par la législature ? Nous ne parlons pas des avantages énumérés dans l'art. 3 de la loi, et dont elle ne pourra pas jouir. Continuera-t-elle à envoyer, chaque année, ainsi qu'elle l'a fait depuis l'origine, un extrait du compte de ses recettes et de ses dépenses? Nous espérons que les rapports existants ne seront ni brisés ni interrompus. Sauf la question de la permanence de la caisse, un accord complet s'était établi entre le comité consultatif et le délégué de la commission. Tôt ou tard, pensons-nous, cette dernière remarquera qu'indépendamment des engagements individuels que peuvent souscrire les participants aux caisses, la permanence de ces institutions est le seul mode qui offre des garanties. Il n'y a pas, d'ailleurs, de position intermédiaire entre une société *reconnue* et une société libre ; en vertu de quel texte de loi, un arrêté royal approuverait-il dorénavant une association qui ne rentrerait pas dans les conditions de la loi du 28 mars 1868 ?

Le travail de révision n'a pas encore abouti pour les statuts de la caisse de prévoyance du Couchant de Mons. Nous nous bornerons, relativement aux difficultés qui se sont présentées lors des conférences et des correspondances tenues avec M. le délégué de cette caisse, à reproduire le passage où il y est fait allusion, dans le rapport au Roi précédant les arrêtés du 4 octobre dernier : « Jusqu'ici non plus, Sire, les exploitants » de mines de cette partie du bassin du Hainaut que » l'on appelle « le Couchant de Mons » n'ont pu parve- » nir à s'entendre sur le mode à adopter pour la recons- » titution ou la consolidation de leur caisse de pré-

» voyance. A l'époque actuelle, dans la prévision » d'éventualités qui peuvent devenir menaçantes, toutes » les questions concernant les rapports entre maîtres » et ouvriers préoccupent légitimement tous les esprits. » Comme lien moral, autant que dans des idées d'allé- » gement des souffrances physiques, en vue de venir en » aide aux besoins d'ordre matériel de leurs ouvriers, les » exploitants du bassin du Couchant de Mons sont » pénétrés de la nécessité de continuer leur association, » qui compte déjà trente et une années d'existence et a » répandu d'immenses bienfaits au sein de la classe » ouvrière. »

En faisant valoir le motif que les arrêtés réglementaires prévus par l'art. 4 de la loi du 28 mars 1868 n'ont pas encore paru, l'assemblée générale de la caisse du Couchant de Mons, dans sa séance du 16 septembre 1872, a demandé au gouvernement une prorogation de délai jusqu'au 31 décembre 1873. Il vient de lui être accordé une prorogation d'un an, par arrêté royal du 16 janvier dernier.

La caisse de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs de la province de Liége vient d'être reconnue par arrêté royal du 20 janvier 1873. Une des principales difficultés qui ont retardé l'approbation de ses statuts provenait du désir exprimé par quelques-unes des sociétés exploitantes de ne voir faire, dans les statuts, aucune mention des caisses particulières de secours. Plusieurs d'entre elles, tout en faisant opérer la retenue statutaire au profit de la caisse commune, manifestaient l'intention de ne pas continuer à percevoir de retenues au profit de la caisse de secours de leur établissement. Des réclamations s'étaient élevées relativement à ces caisses, soit sur le mode de perception, soit sur les distributions des secours. Avis était donc à plusieurs de supprimer ces caisses et de comprendre dans

les frais généraux de leur exploitation les dépenses résultant du traitement des blessés, les honoraires des médecins, les frais des médicaments, etc. Toutefois, la demande de suppression de ces caisses n'était pas générale. D'un autre côté, la mention des caisses particulières, comme auxiliaires des caisses communes, était inscrite dans l'art. 6 de la loi. N'étaient-elles pas, en effet, un rouage indispensable de l'institution ? Elles sont une application du principe qui veut que les classes ouvrières s'aident elles-mêmes, qu'elles se fortifient par l'association, en n'acceptant le concours des patrons que dans les cas où cette intervention devient indispensable. Ainsi, l'expérience enseigne que l'association entre ouvriers d'un même établissement suffit pour pourvoir aux cas de blessures simples, etc. Mais lorsqu'un grave accident a occasionné la mutilation d'un ouvrier devenu incapable de travailler ou causé mort d'homme, les statuts ont fait sagement en obligeant les sociétés exploitantes à verser à la caisse commune des sommes égales au montant des retenues opérées sur les salaires de leurs ouvriers. La part contributive des patrons est justifiée par l'élévation des charges que cette caisse aura à supporter. Cette combinaison est la meilleure, sinon la seule manière de concilier les intérêts et d'éviter les discussions sur « le » droit de l'ouvrier au secours » et l'établissement de « contributions obligatoires à charge des patrons (1). »

La difficulté consistait donc à ne pas supprimer la mention des secours délivrés à l'ouvrier blessé et à sa

(1) La théorie du « droit au secours, » comme corollaire du droit au travail, et de l'institution de caisses avec retenues et contributions obligatoires, auxquels seraient appelés à participer l'État, les départements, les patrons, a fait l'objet de vives discussions, en 1849 et en 1850, au sein des Assemblées constituante et législative de France. Elle fut repoussée à la suite des remarquables rapports de MM. Ferrouillat, Benoist d'Azy et Thiers. Nous nous en sommes occupé dans le rapport fait au Conseil des mines le 7 décembre 1852, qui est imprimé à la suite du projet de loi de 1854.

famille, de quelque source que ces secours fussent apportés. Mention des deux catégories de secours devait être conservée, et la mention même des caisses particulières ne devait pas être retranchée, puisque l'intention générale n'était pas de les supprimer. On finit par s'entendre sur les termes.

Les statuts de la caisse de prévoyance de la province de Liége, adoptés le 17 mai 1872, en assemblée générale des exploitants associés, ont été soumis à la députation permanente qui, sauf une réserve, leur accorda son approbation dans sa séance du 23 juillet suivant. Dans l'assemblée du 17 mai, il avait été donné pouvoir à la commission administrative de la caisse de consentir aux modifications que le gouvernement réclamerait.

Après de nouvelles conférences, toutes les difficultés ayant été levées, la commission administrative renvoya les statuts le 12 décembre au département des travaux publics; le comité consultatif se réunit le 20, et le 31 décembre il adressa au Ministre, avec toutes les pièces à l'appui et des conclusions favorables, les statuts de cette caisse, qu'un arrêté royal du 20 janvier 1873 (*Moniteur belge* du 26 du même mois) a définitivement approuvés.

Le résultat de l'application de la loi du 28 mars aux caisses de prévoyance de Charleroi et des provinces de Liége, de Namur et de Luxembourg, reconnues comme personnes civiles, est un fait important. A dater de ce moment commence une nouvelle ère pour ces institutions.

Il reste au comité consultatif de s'occuper des arrêtés réglementaires prévus par l'art. 4 de la loi. Mais ce travail achevé, lorsque toutes les caisses ou du moins la plupart auront obtenu la reconnaissance légale, il est une institution qui doit compléter l'œuvre : c'est la

nomination d'une commission permanente qui, placée près du département des travaux publics, veille sur la marche et la situation des caisses et en rende annuellement compte au chef de ce département L'allocation d'une somme aussi importante que celle qui est inscrite, chaque année, au budget de l'État au profit des caisses des ouvriers mineurs, rend l'établissement de cette commission indispensable. La nécessité en a déjà été prévue dans le rapport fait au Conseil des mines le 7 décembre 1852. (Page 47 des pièces imprimées à la suite du projet de loi de 1854.) « Vraisemblablement, » disait à cette époque le rapporteur, « pour assurer l'exé- » cution de la loi, pour faciliter l'accomplissement de » la tâche dévolue au gouvernement, ce dernier jugera » utile d'instituer une commission consultative perma- » nente, un conseil supérieur de surveillance. Les » caisses y seront représentées, etc. »

Ce n'est qu'à cette condition que l'institution peut rester florissante. Que, pendant quelques années calamiteuses, on laisse les charges s'accumuler ; que les déficits annuels, comme on en a déjà vu plusieurs exemples, se succèdent et entament la réserve, c'est-à-dire le fonds des pensions : les caisses entreront rapidement dans une voie de décadence, et la dissolution en deviendra inévitable. Le gouvernement doit prévoir ces éventualités ; il y a plus, il doit les prévenir, en empêcher la réalisation.

Son action de surveillance doit s'étendre même sur les caisses non reconnues ; trop d'intérêts y sont engagés pour qu'il ne songe pas à les sauvegarder.

Le coup d'œil que nous allons jeter sur les opérations des caisses depuis l'année 1866, époque à laquelle s'arrêtent nos comptes rendus précédents, apportera une confirmation aux réflexions et aux observations contenues dans ce mémoire.

Nous n'aurons pas le rigorisme de traiter les caisses de prévoyance des ouvriers mineurs comme si c'étaient des compagnies d'assurances sur la vie ou en cas de décès, dont toutes les chances peuvent être calculées ; mais nous rappellerons sans cesse les calculs du savant inspecteur général, M. Henri Maus, qui démontrent qu'actuellement déjà, en cas de liquidation, l'actif de ces caisses ne suffirait pas à satisfaire à toutes leurs charges. Que la bienveillance des sociétés exploitantes continue à s'exercer en leur faveur, que l'État manifeste sa sollicitude pour la classe des ouvriers mineurs en portant une surveillance incessante sur les opérations et la situation des caisses ! Les classes ouvrières seront reconnaissantes des bienfaits que ces institutions leur procurent. La marche suivie dans le passé permettra d'augurer favorablement de l'avenir.

CHAPITRE III.

COUP D'ŒIL SUR LA SITUATION DES CAISSES PRISES DANS LEUR ENSEMBLE.

Notre dernier compte rendu, résumant les opérations des caisses pour une période de cinq années, s'est arrêté à la fin de l'exercice 1865. Six années, dont nous possédons les comptes, se sont écoulées depuis. Pour suivre la marche et le développement des six caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs existant dans le royaume, le présent compte rendu comprendra donc les opérations de ces caisses pendant les années 1866 à 1871, et décrira, en particulier, leur situation à la fin de ce dernier exercice. En conservant le cadre des comptes rendus précédents, nous aurons l'occasion de revenir sur quelques-unes de nos observations antérieures, que nous pourrons appuyer par des faits nouveaux.

On sait qu'outre les renseignements détaillés compris dans leurs rapports annuels, les commissions administratives des caisses publient, chaque année, conformément à un modèle qui leur a été transmis par le ministère des travaux publics en 1855, une série de renseignements faisant connaître le nombre des exploitations associées, le nombre total de leurs ouvriers, celui des journées de travail et le montant total des salaires. Nous reproduisons ci-après, en les extrayant des rapports annuels des caisses, les renseignements statistiques se rapportant à l'année 1871 :

Relevé des renseignements statistiques pour l'année 1871.

DÉSIGNATION des ASSOCIATIONS.	NOMBRE			MONTANT total DES SALAIRES.	SALAIRE MOYEN (1)	
	d'exploitations.	d'ouvriers.	de journées de travail.		par an.	par journée.
				Francs.	Fr. c.	Fr. c.
Caisse de Mons	26	27,078	8,196,004	21,491,856	793 70	2 62
— de Charleroi	53	30,419	8,737,536	26,239,004	861 86	3 00
— du Centre	9	9,936	2,980,800	9,528,444	959 00	3 20
— de Liége	87	25,227	7,535,714	22,694,052	899 60	3 01
— de Namur	115	4,250	1,105,000	3,161,932	744 00	2 86
— du Luxembourg	8	671	181,841	424,423	632 53	2 34
Totaux	298	97,581	28,736,895	83,539,911	856 11	2 91

(1) Le salaire moyen a été calculé en prenant pour base le nombre total des ouvriers, sans distinction de catégories ou d'âges.

Comparé aux relevés précédents, ce tableau constate les progrès accomplis dans l'industrie minérale dans le cours des six dernières années : de 1865 à 1871, le nombre des ouvriers mineurs s'est élevé de 86,343 à 97,581. De 25,843,742, le nombre des journées de travail a été porté à 28,736,895; le montant total des salaires s'est élevé de fr. 68,138,296 en 1865, à fr. 83,539,711 en 1871. Le salaire moyen de l'ouvrier mineur, évalué à fr. 789 16 c. d'après les bases indiquées ci-dessus, en 1865, a été de fr. 856 11 c., pour l'année 1871.

Le tableau qui précède ne donne que les renseignements concernant les exploitations associées. Les relevés publiés par l'administration des mines accusent un nombre total de 103,427 ouvriers mineurs pour l'exercice 1871, ainsi répartis par nature de mines et par province :

Nombre total des ouvriers mineurs en Belgique pendant l'année 1871.

PROVINCES.	MINES de HOUILLE.	MINES MÉTALLIQUES.	MINIÈRES de FER.	ARDOISIÈRES.	TOTAL GÉNÉRAL.
Hainaut . . .	69,707	»	254	»	69 861
Liége	22,058	3,442	594	»	26,094
Namur	2,521	521	3,005	»	6,047
Luxembourg .	»	44	241	1,140	1,425
LE ROYAUME. .	94,286	4,007	4,094	1,140	103,427

Dans le cours des six années écoulées (fin de 1865 à 1871), le nombre des ouvriers attachés à l'exploitation des mines de houille s'est élevé de 82,368 à 94,286;

le nombre des ouvriers employés à l'exploitation des mines métalliques concédées et des minières de fer a légèrement fléchi ; le nombre des ouvriers attachés à l'exploitation des ardoisières, dans l'arrondissement de Neufchâteau, s'est accru dans la proportion de 64 à 1,140. En comparant, pour chaque province, en 1871, le nombre total des ouvriers mineurs et celui ressortissant aux exploitations associées, on obtient le résultat suivant :

PROVINCES.	NOMBRE TOTAL		TANTIÈMES pour °/o.
	des ouvriers mineurs.	des ouvriers affiliés.	
Hainaut	69,861	67,433	96 53
Liége	26,094	25,227	96 68
Namur	6,047	4,250	70 28
Luxembourg	1,425	671	47 08
LE ROYAUME . .	103,427	97,581	94 35

On voit que, sur 100 ouvriers mineurs, dans le royaume, $94\frac{35}{100}$ sont affiliés aux caisses de prévoyance ; ce sont les provinces de Namur et de Luxembourg, où les exploitations sont le plus disséminées et relativement les moins importantes, que la proportion est la plus faible. Le travail n'est pas constant dans les mines métalliques et dans les exploitations libres de minerai de fer. Toutefois, plus d'une espèce de danger menace les ouvriers dans ces exploitations.

Nous publions ci-après, aux *Annexes*, le tableau détaillé des recettes et des dépenses des caisses communes de prévoyance et des caisses particulières de secours ressortissant à chacune de ces associations. Dans les

pages suivantes, nous nous proposons de passer successivement en revue les principaux chiffres contenus dans ce tableau, en les comparant aux résultats observés dans les exercices précédents.

Voici d'abord le relevé, pour chaque caisse commune, des recettes et des dépenses pendant l'année 1871, avec le montant de son avoir à la fin de cet exercice :

Relevé des recettes et des dépenses des six caisses communes de prévoyance pendant l'année 1871.

DÉSIGNATION des ASSOCIATIONS.	TOTAL GÉNÉRAL des recettes.	TOTAL GÉNÉRAL des dépenses.	AVOIR AU 1er JANVIER 1872.
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.
Caisse de Mons	399,908 25	409,276 38	1,175,701 67
— de Charleroi	503,503 95	536,577 10	2,022,049 54
— du Centre.	167,600 95	138,160 59	495,467 79
— de Liége	587,298 97	514,123 52	1,416,317 53
— de Namur . . . . ,	63,802 29	70,615 96	278,691 »
— du Luxembourg . .	5,676 »	7,596 60	24,425 04
TOTAUX. . .	1,727,790 41	1,676,350 15	5,412,652 57

En comparant ces chiffres à ceux des années précédentes, on est frappé d'abord de l'élévation des recettes et surtout des dépenses depuis les six dernières années. Ainsi, le total des recettes des six caisses communes de prévoyance avait été de fr. 1,151,168 38 c. en 1865; leur montant total a été de fr. 1,727,790 41 c. en 1871 ; accroissement de 50 p. °|₀. Le total des dépenses des caisses communes a été, en 1865, de fr. 974,106 04c.;

en 1871, elles se sont élevées à fr. 1,676,350 15 c.; ce qui indique une augmentation de 72 p. %

En jetant un coup d'œil sur les recettes comparées aux dépenses, on s'aperçoit aussitôt que, dans quatre de ces associations, les dépenses ont *excédé* les recettes en 1871 ; malheureusement ces déficits se sont reproduits plus d'une fois. Dans la situation où sont les caisses, lorsque leurs charges s'accroissent encore d'année en année, il est à regretter qu'au lieu de veiller à la formation d'une forte réserve, l'administration de quelques-unes de ces caisses n'ait pas maintenu plus rigoureusement l'équilibre entre les recettes de ces caisses et leurs charges qui ne cessent de s'accroître. Les intérêts des capitaux placés leur procurent déjà maintenant une source de recettes d'environ fr. 250,000 qui leur est indispensable pour parfaire le payement des charges existantes. Si on laisse s'affaiblir cette réserve, si on ne veille pas à l'augmenter encore pendant une série d'années, plusieurs caisses seront exposées à devoir hausser le taux des retenues et, par conséquent, des cotisations.

L'État accorde aux six caisses de prévoyance des ouvriers mineurs, depuis leur origine, une subvention annuelle de fr. 45,000, d'où il faut déduire les primes accordées pour actes de dévouement lors d'accidents arrivés dans les mines. Une somme de fr. 44,235 a été répartie en 1871 ainsi qu'il suit :

Caisse de Mons	fr.	12,770
» de Charleroi	»	14,036
» du Centre	»	4,392
» de Liége	»	10,650
» de Namur	»	2,180
» du Luxembourg	»	207
Total égal.	fr.	44,235

L'avoir des caisses communes, qui était de fr. 4,385,297 84 c au 1er janvier 1866, s'est élevé à fr. 5,412,652 57 c. au 1er janvier 1872; c'est une augmentation proportionnelle de 23.43 p. %.

Les recettes et les dépenses des caisses particulières de secours se sont également augmentées, comme conséquence naturelle de l'augmentation du nombre total des ouvriers et de l'amélioration des salaires. En 1865, le montant des recettes des caisses particulières de secours avait été de fr. 1,219,498 04 c., dont fr. 1,091,481 74 c. provenaient des retenues opérées sur les salaires, et fr. 127,916 30 c. des cotisations des patrons. En 1871, les recettes de ces caisses ont atteint un total de fr. 1,479,199 09 c., dont fr. 1,305,777 59 c. provenaient des retenues effectuées sur les salaires et fr. 173,421 50 c. des cotisations des exploitants.

Les dépenses des caisses particulières de secours avaient été de fr. 1,104,942 41 c., en 1865. Durant l'année 1871, elles ont distribué en secours divers une somme de fr. 1,430,751 44 c.

Jusqu'ici les dépenses des caisses particulières de secours avaient excédé celles des caisses communes; les premières n'accordent que des secours temporaires. Le nombre des pensions s'augmentant et leur durée étant souvent très-longue, il devait arriver un moment où l'inverse aurait lieu. En 1865 encore, le montant des recettes et des dépenses des caisses particulières de secours était respectivement de fr. 1,219,498 04 c. et de 1,104,942 41 c., tandis que le total des recettes et des dépenses des caisses communes était de fr. 1,151,168 38 c. et de 974,106 40 c. En 1871, le montant des dépenses des caisses communes a été de fr. 1,676,350 15 c., tandis que celles des caisses particulières de secours ne se sont élevées qu'à fr. 1,430,751 44 c.

En prenant dans leur ensemble le montant des recettes des caisses communes et des caisses particulières de secours, il est intéressant de rechercher dans quelle proportion y entrent le produit des retenues sur les salaires, les cotisations des patrons, en général les différentes branches de recettes qui les alimentent. A notre gré, c'est la pierre de touche qui sert à apprécier l'excellence des bases sur lesquelles les associations de prévoyance sont fondées. Nous reproduisons d'abord un tableau indiquant, pour chacune des deux catégories de recettes, le total des versements faits par les patrons et par les ouvriers.

Montant des versements faits respectivement, par les patrons et par les ouvriers, pendant l'année 1871, pour l'alimentation des caisses communes et des caisses particulières de secours.

DÉSIGNATION des ASSOCIATIONS.	NOMBRE TOTAL des exploitations.	NOMBRE TOTAL des ouvriers.	TOTAL DES VERSEMENTS des exploitants.	TOTAL DES VERSEMENTS des ouvriers.
			Fr. c.	Fr. c.
Caisse de Mons.	26	27,078	229,877 56	493,833 94
— de Charleroi. . .	53	30,419	213,106 66	618,449 50
— du Centre. . . .	9	9,936	112,795 84	112,795 84
— de Liége.	87	25,227	296,006 24	741,079 08
— de Namur. . . .	115	4,250	29,066 49	47,050 49
— du Luxembourg.	8	671	5,457 30	5,457 32
Totaux. . .	298	97,581	886,310 09	2,018,666 17

On voit, par ces chiffres, que la plus forte part des recettes provient des retenues effectuées sur les salaires des ouvriers ; ce sont les intéressés eux-mêmes qui contribuent pour la majeure partie dans l'alimentation des caisses réunies. Le relevé suivant montre

dans quelle proportion les différentes branches de recettes entrent pour former le total :

			Tantièmes p. %
Cotisations des ouvriers	fr.	2,018,666 17	62 95
— des exploitants . . .	»	886,310 09	27 63
Recettes diverses	»	257,778 24	8 04
Subventions de l'État	»	44,235 »	1 38
Totaux. .	»	3,206,989 50	100 »

Dans ce total général des recettes des caisses réunies, les cotisations des ouvriers s'élèvent donc à près de 63 %; celles des patrons dépassent le quart (près de 28 %); d'année en année, par suite de l'accumulation des versements à la réserve et de l'accroissement du produit des intérêts, le montant proportionnel des recettes diverses s'accroît. Les subventions accordées par l'État s'élèvent à peine à 1 $\frac{38}{100}$ du total.

Le relevé qui suit indique, pour chacune des six caisses communes de prévoyance, quel a été, depuis l'origine jusqu'à la fin de l'anné 1871, le montant de leurs recettes et de leurs dépenses :

Relevé des opérations des caisses depuis leur origine jusqu'au 1er Janvier 1872.

DÉSIGNATION. des ASSOCIATIONS.	TOTAL GÉNÉRAL des recettes.	TOTAL GÉNÉRAL des dépenses	AVOIR au 1er janvier 1872.
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.
Caisse de Mons.	7,947,696 22	6,772,680 92	1,175,701 67
— de Charleroi	8,119,864 23	6,097,814 69	2,022,049 54
— du Centre.	2,437,236 01	1,941,768 22	495,467 79
— de Liége	5,185,290 13	3,768,972 60	1,419,317 60
— de Namur.	1,127,309 »	848,618 »	278,691 »
— du Luxembourg . .	87,222 76	64,090 28	24,425 04
Totaux. . .	24,904,618 35	19,493,944 71	5,412,652 57

Il nous est impossible de faire le même calcul pour les caisses particulières de secours : le résultat indiqué ci-dessus serait plus que doublé.

CHAPITRE IV.

EXAMEN DES OPÉRATIONS ET DE LA SITUATION DE CHACUNE DES CAISSES PRISES SÉPARÉMENT.

§ 1er. — *Caisse de Mons.*

La caisse de prévoyance du bassin du Couchant de Mons, un des plus riches et des plus importants du royaume, ne contient que 26 sociétés exploitantes, mais toutes considérables par la richesse de leurs mines et par le grand nombre d'ouvriers qu'elles emploient.

Chaque année, les rapports si détaillés et si complets de l'association publient des renseignements statistiques sur le nombre total des ouvriers, des journées de travail, le montant des salaires, etc. Nous leur empruntons les renseignements concernant les opérations des années 1866 à 1871.

ANNÉES.	NOMBRE		MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN	
	d'ouvriers.	de journées.		par an.	par journée.
			Francs.	Fr. C.	Fr. C.
1866	26,905	8,556,158	23,559,861	874 50	2 75
1867	27,503	8,778,757	25,048,888	910 76	2 85
1868	27,219	7,849,308	19,949,403	732 92	2 54
1869	26,877	8,199,518	21,023,561	782 21	2 56
1870	27,452	8,517,910	22,807,421	830 81	2 68
1871	27,078	8,196,004	21,491,856	793 70	2 62

Ce relevé atteste un état de prospérité et d'activité continu. Les recettes de la caisse commune et des caisses particulières de secours se sont maintenues, avec une augmentation sur les recettes des années antérieures. Mais les dépenses de la caisse commune ont surtout considérablement augmenté. Le tableau suivant fait connaître le mouvement des recettes et des dépenses de ces caisses, pendant les six dernières années :

ANNÉES.	CAISSE COMMUNE.		CAISSES PARTICULIÈRES.	
	Recettes.	Dépenses.	Recettes.	Dépenses.
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.
1866	399,524 28	325,223 01	381,610 85	311,618 51
1867	443,283 82	328,266 30	401,047 »	320,782 79
1868	375,206 73	339,284 79	355,201 42	322,748 98
1869	391,861 85	364,831 40	346,367 49	316,777 49
1870	417,809 65	390,695 43	380,342 87	358,674 71
1871	399,908 25	409,276 38	401,333 66	348,448 20

On remarquera que, pendant la dernière des six années, les dépenses de la caisse montoise ont excédé les recettes. Dans le cours des six années, il y a eu deux accidents très-graves : le 7 août 1868, un coup de feu au puits *Ste-Henriette* du charbonnage des *Produits*, à Jemmapes, qui a fait 55 victimes; et, le 28 septembre 1871, un coup de feu au charbonnage de *Hornu et Wasmes* (puits n° 3), qui a fait 35 victimes. C'est dans les années qui suivront que l'on ressentira surtout les conséquences de ce dernier accident.

Le tarif des pensions et secours est toujours celui qui a été mis en application le 1er janvier 1865.

Voici le tableau des personnes secourues et du montant des secours distribués par la caisse commune, durant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
		Fr. c.
1866	2,507	310,774 54
1867.	2,556	319,854 85
1868.	2,721	330,244 94
1869.	2,803	349,591 71
1870.	2,997	369,448 37
1871.	3,222	391,944 63

On voit la progression rapide du nombre des personnes secourues, et surtout celle du montant des pensions et secours.

Durant l'année 1871, les secours ont été répartis ainsi qu'il suit :

PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
Pensions viagères.		Fr. c.
Ouvriers mutilés et incapables de travailler	933	165,313 12
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident.	849	155,323 29
Vieux parents	86	12,047 56
Ouvriers âgés de plus de 70 ans . . .	120	11,959 14
Pensions temporaires.		
Orphelins de père et de mère, enfants de veuves et d'ouvriers infirmes, et jeunes sœurs d'ouvriers	1,234	47,301 52
TOTAUX. . . .	3,222	391,944 63

Les charges de la caisse commune sont lourdes ; dans l'espace des six années écoulées, elles se sont accrues d'environ 100,000 francs. Le nombre des vieux ouvriers, bien qu'on ne les admette à la pension qu'à partir de l'âge de 70 ans, s'accroît d'année en année, ainsi que le montant total des pensions qui leur sont accordées. En 1861, le nombre des vieillards secourus par la caisse commune n'était que de 54, et une somme de fr. 5,343 80 c. avait été répartie entre eux.

Le tableau suivant résume le nombre des vieux ouvriers secourus par la caisse et le montant des secours qui leur ont été accordés pendant les six dernières années.

ANNÉES.	NOMBRE DES VIEILLARDS SECOURUS.	MONTANT des SECOURS.
		Fr. c.
1866	84	8,776 70
1867	98	9,920 51
1868	107	10,476 13
1869	105	10,247 65
1870	116	10,960 68
1871	120	11,959 14

Chaque année, dès son origine, la caisse commune portait à son budget une somme dont le montant était fixé par l'assemblée générale, pour la propagation de l'instruction parmi les enfants des ouvriers des établissements associés. En 1861, le montant des allocations votées à cet effet avait été de fr. 17,500 ; cette somme a décru depuis ; elle était encore, en 1865, de fr. 10,673 ; elle n'a plus été, en 1866, que de fr. 5,336. Elle a servi, pendant cette dernière année, à faire admettre gratuitement 7,107 enfants des deux sexes dans

les écoles subventionnées. La dépense, par enfant, était de 75 centimes par an, ou *six centimes* par mois. Indépendamment des élèves reçus gratuitement, 1,558 étaient admis à ces écoles moyennant une légère rétribution. Nonobstant le peu d'élévation de ces charges et le bienfait dont l'instruction était la source pour un si grand nombre d'enfants, on a cédé devant les récriminations, les accusations d'abus, dont un certain nombre de journaux s'étaient faits les organes (Voir ci-dessus, page 73), et la subvention annuelle a été supprimée à partir de 1867.

Heureusement que, sans céder à ces cris, continuant leur œuvre de bienfaisance et de patronage, les sociétés charbonnières portent, chaque année, sur leur propre budget, une somme pour cette utile dépense.

Voici les sommes votées à cet effet, par ces sociétés, durant les six dernières années :

En 1866 . . .	fr	11,342 39
» 1867 . . .	»	12,101 02
» 1868 . . .	»	12,774 25
» 1869 . . .	»	14,404 92
» 1870 . . .	»	17,529 43
» 1871 . . .	»	22,188 43

Comme sociétés reconnues, on se rappelle que par décision du Ministre de la justice (M. de Lantsheere), du 10 avril 1872, les caisses de prévoyance ne sont plus admises à insérer dans leurs statuts une disposition qui leur permette de voter une somme « consa- » crée à améliorer la condition morale de l'ouvrier et » à propager l'instruction parmi ses enfants (1). »

A la suite de la décision prise, en assemblée générale, de supprimer dorénavant toute subvention directe

(1) Voir la correspondance tenue à ce sujet et la décision du Ministre, chap. II. pp. 68 et suivantes.

en faveur de l'instruction primaire, M. Ch. Sainctelette proposa qu'il fût ouvert « un crédit de 1,000 francs » pour la création de primes à décerner par la commission administrative, sur le rapport de l'inspecteur » provincial de l'enseignement primaire, aux instituteurs et institutrices laïques qui, dans le cours de » l'année scolaire 1866-1867, auront rendu le plus de » services à l'éducation et à l'instruction des enfants » des ouvriers houilleurs borains. »

Cette proposition fut adoptée et, l'année suivante, la somme de 1,000 francs fut partagée entre cinq instituteurs qui tous, uniformément, reçurent une somme de 200 francs.

Dans l'assemblée générale du 24 juin 1867, une autre proposition fut faite, qui reçut aussitôt le meilleur accueil. Elle venait de M. Jochams, ingénieur en chef directeur des mines du Hainaut, et avait pour objet la création, au Borinage, d'une école de porions et de machinistes. L'assemblée vota à cet effet, pour l'année 1867, un crédit de six mille francs; ce qui ne devait pas dispenser, comme le fit remarquer le président, les exploitations associées de contribuer aux dépenses que nécessiterait l'établissement de cette école.

A une assemblée générale subséquente, on décida, sur le rapport d'une commission spéciale, l'organisation de deux écoles de porions et de machinistes à Pâturages et à St-Ghislain. On admit dans le partage des subventions une école industrielle devant s'ouvrir prochainement à Dour, et à laquelle seraient annexés des cours semblables à ceux de Pâturages et de St-Ghislain.

Dans l'assemblée générale du 12 juillet 1869, on décida : 1° que le subside de 6,000 fr. pour les écoles industrielles serait continué; 2° qu'une subvention

extraordinaire de 2,000 fr. serait accordée à chacune des deux premières écoles désignées ci-dessus, pour achat de livres et de mobilier. On maintint la suppression de tout subside pour les écoles gardiennes; et quant à l'allocation de mille francs destinée à la délivrance de primes aux instituteurs laïques qui ont rendu le plus de services à l'instruction et à l'éducation des enfants des ouvriers borains, attendu qu'elle n'a pas produit les résultats qu'on en attendait, l'assemblée décida que cette allocation ne serait plus renouvelée.

Le subside pour les écoles des porions, en faveur desquelles l'allocation avait été portée jusqu'à fr. 10,000 en 1869, fut renouvelé au taux de fr. 6,000 pour 1870, et a probablement été continué depuis. Dès qu'elle sera constituée comme société reconnue, il est évident que l'association ne pourra plus voter cette dépense. Mais, en outre, ne peut-on pas se demander au profit de qui elle se faisait? En ont profité sans doute un petit nombre d'ouvriers d'élite. Nous ne contesterons pas l'utilité de ces écoles; mais si elles ont pour but de former d'excellents conducteurs de travaux et d'habiles mécaniciens, cette dépense doit profiter au premier chef à l'industrie, et c'eût été à l'industrie, et non à la caisse de prévoyance, de supporter cette dépense.

Les caisses particulières de secours ont continué à répandre leurs bienfaits parmi la classe ouvrière. Le relevé sommaire de leurs recettes et de leurs dépenses, que nous avons inséré ci-dessus, montre qu'en 1871 les premières avaient atteint une somme de fr. 401,333 66 c. Sur cette somme, fr. 332,645 02 c. provenaient des retenues opérées sur les salaires, et fr. 68,688 64 c. des sommes versées par 11 sociétés exploitantes. Voici comment se sont divisées les dépenses de ces caisses pendant la même année :

Montant des secours en argent . . .	fr.	217,480	50
» » en médicaments	»	24,718	07
» » en charbons, objets divers .	»	23,993	39
Honoraires des médecins	»	82,256	24
Total. . .	fr.	348,448	20

Outre ces sommes, on doit mentionner diverses allocations fournies par des sociétés sur leurs budgets, savoir :

Subventions pour l'instruction des enfants d'ouvriers.	fr.	16,788	43
Subventions accordées aux petites sœurs des pauvres, à Jemappes. .	»	5,400	»
Secours aux familles des miliciens rappelés sous les drapeaux . . .	»	83	50
Ensemble. . .	fr.	22,271	93

Les secours se sont répartis, durant cet exercice, sur 11,775 personnes. La majeure partie des sommes recueillies provenant des retenues sur les salaires, on y voit une véritable application des principes de la mutualité.

Dans son rapport sur les opérations de la caisse pendant l'exercice 1870, la commission administrative, après avoir annoncé qu'elle a demandé, pour la révision des statuts d'après les principes de la loi du 28 mars 1868, un délai d'un an qui lui a été accordé, expose les bases sur lesquelles elle se propose d'opérer cette révision. « Dans la préparation du nouveau con-
» trat, » dit-elle, « votre commission s'est efforcée
» d'atteindre ce triple but : simplifier les règles statu-
» taires, en laissant à des règlements d'administration
» le soin de pourvoir aux détails, introduire les modi-
» fications dont l'expérience a révélé la nécessité, faire

» aux ouvriers une part plus grande dans la gestion » de l'institution. »

Le même rapport contient le projet de nouveaux statuts préparé par la commission.

Ce projet fut examiné, le 10 juillet 1871, dans une assemblée générale extraordinaire des sociétés affiliées à la caisse de prévoyance. Voici en quels termes le rapport sur les opérations de la caisse en 1871 rend compte des résultats de cette délibération. « Vous vous » le rappelez, Messieurs, il ne vous a pas été possible » de vous mettre d'accord sur la rédaction du nouveau » contrat. Les uns ont désiré n'introduire dans les an- » ciens statuts que les quelques modifications rigou- » reusement exigées par la loi du 28 mars 1868. » D'autres ont pensé que le moment était venu, après » trente ans, de reviser des dispositions inspirées par » des idées générales qui, depuis longtemps, *ont perdu* » *presque toute valeur* et de régir une *situation trans-* » *formée par des règles mieux appropriées aux faits.* Vous » n'avez pu vous convaincre les uns les autres, et l'as- » semblée générale s'est partagée. »

Le projet de la commission confiait l'administration de la caisse commune à une commission de douze membres, composée de six exploitants et de six contre-maîtres ou ouvriers, pris dans le sein de l'assemblée générale et élus par celle-ci. — Il devait y avoir, à l'assemblée générale, pour chacune des mines affiliées, un représentant de l'exploitant et un représentant des ouvriers. — Celui-ci devait être désigné par les ouvriers âgés de 25 ans au moins et par les contre-maîtres, ét choisi parmi ceux d'entre eux qui, étant mariés et sachant lire et écrire, ont été attachés pendant cinq ans de suite à la même exploitation.

Sans entrer dans les détails, l'assemblée ne discuta que sur l'adoption du principe préconisé par la com-

mission : 16 sociétés seulement s'étaient fait représenter; 8, possédant aux termes des statuts 39 voix, furent favorables à la proposition ; 8, possédant 36 voix, y furent contraires.

L'assemblée générale se réunit encore le 11 décembre 1871, mais ce fut uniquement pour demander un nouveau délai d'un an, qui lui fut accordé, ainsi qu'un troisième délai obtenu, un an après, par arrêté royal du 16 janvier 1873. En attendant, les statuts qui ont permis, pendant plus de trente années, à la caisse commune d'atteindre à un grand degré de prospérité, continuent à la régir. En dernier lieu, la commission administrative a déclaré vouloir attendre, pour l'achèvement de son œuvre, la publication des arrêtés royaux réglementaires prescrite par la loi du 28 mars 1868. La publication de ces arrêtés ne peut tarder.

§ 2. — *Caisse de Charleroi.*

La prospérité de l'arrondissement de Charleroi n'a cessé de s'accroître, depuis plusieurs années, par le développement qu'y a pris l'exploitation du combustible minéral, activée surtout par le grand nombre d'établissements métallurgiques et d'ateliers de construction qu'il renferme.

Les rapports annuels de la caisse de prévoyance, rédigés avec beaucoup de soin et de clarté, nous font connaître qu'en 1871 l'association comptait 53 exploitations affiliées (51 mines de houille et 2 usines minéralurgiques et ateliers accessoires). Voici le sommaire des renseignements statistiques qu'ils nous fournissent sur le nombre total des ouvriers et des journées de travail et sur le montant des salaires, dans les établissements affiliés, durant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE		MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN	
	d'ouvriers.	de journées.		par an.	par journée.
			Francs.	Fr. c.	Fr. c.
1866	27,964	8,206,473	25,677,751	916 77	3 13
1867	30,680	8,854,376	25,758,106	905 99	3 13 ½
1868	29,472	8,566,917	24,359,972	827 46	2 84
1869	29,371	8,681,412	25,282,167	862 01	2 91
1870	30,120	8,813,464	27,361,810	909 62	3 10 ½
1871	30,419	8,737,536	26,339,004	861 86	3 »

Le relevé des recettes et des dépenses de la caisse commune et des caisses de secours qui y ressortissent montre quelle a été, pendant les six dernières années, l'importance des opérations de cette caisse.

ANNÉES.	CAISSE COMMUNE.		CAISSES PARTICULIÈRES.	
	Recettes.	Dépenses.	Recettes.	Dépenses.
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.
1866	485,555 49	353,111 43	435,579 31	378,761 69
1867	522,880 48	393,853 29	479,623 55	408,652 53
1868	473,903 74	478,543 91	423,760 55	410,543 12
1869	486,707 96	496,701 56	428,756 04	423,455 02
1870	521,123 40	504,167 80	447,224 74	444,638 27
1871	503,503 95	536,577 10	437,971 17	436,635 54

Il est affligeant de voir que, pendant trois des années ci-dessus, pendant les exercices 1868, 1869 et 1871, en pleine activité, les dépenses de la caisse commune aient excédé les recettes. C'est un point qui doit attirer toute l'attention des administrateurs.

Prenant en considération la cherté des denrées alimentaires, la réduction du travail, la diminution du salaire des ouvriers, et vu la situation favorable de la caisse, la commission administrative avait cru pouvoir, par un règlement du 25 mars 1868, augmenter temporairement le taux des pensions qu'elle accordait. de 10 p. °/₀, et celui des secours de 20 p. °/₀. Il en était résulté une augmentation de charges, qui a occasionné le déficit de cette année de fr. 4,640 17 c. Cette mesure fut retirée, dès l'année suivante, pour les pensions antérieures au 25 mars 1868, et le tarif ancien maintenu pour les pensions et secours à délivrer à l'avenir. Ce tarif est celui du 4 juin 1864.

Un terrible accident (un coup d'eau), à la mine du *Gouffre*, le 19 octobre 1869, a fait 28 victimes. Ce surcroît de charges ne s'est fait sentir qu'à partir de 1870 et continuera pendant les années suivantes.

Le tableau ci-après indique le nombre des personnes secourues et du montant des pensions et secours payés par la caisse commune, durant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
		Fr. c.
1866.	2,478	340,816 23
1867.	2,733	377,998 02
1868.	2,971	459,182 56
1869.	3,287	478,328 94
1870.	3,539	481,626 33
1871.	3,715	515,080 90

On remarque un accroissement constant du nombre

des personnes secourues et une aggravation notable des charges pesant sur la caisse.

Les pensions et secours se sont répartis de la manière suivante pendant l'année 1871 :

PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
		Fr. c.
Pensions viagères.		
Ouvriers mutilés et incapables de travailler	218	51,046 86
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident	389	102,643 15
Parents d'ouvriers qui ont péri par accident	65	10,660 36
Ouvriers vieux et infirmes	650	117,044 42
Veuves d'ouvriers mutilés et incapables de travailler	18	2,175 81
Veuves d'ouvriers vieux et infirmes	149	16,932 75
Pensions temporaires.		
Enfants de veuves	698	37,401 76
Orphelins de père et de mère	32	2,882 30
Frères et sœurs	5	420 »
Enfants d'ouvriers mutilés et incapables de travailler	189	10,703 14
Enfants d'ouvriers vieux et infirmes	100	4,872 24
Secours extraordinaires.		
Ouvriers grièvement blessés	429	73,867 15
Parents d'ouvriers qui ont péri par accident	186	13,488 »
Ouvriers vieux ou infirmes	316	37,457 16
Veuves d'ouvriers *non tués*	271	33,545 80
TOTAUX	3,715	515,080 90

La comparaison que l'on peut faire des chiffres de ce tableau avec le tableau analogue de la caisse de Mons (V. p. 95) donne lieu à plus d'une réflexion. Pendant la même année 1871, la caisse de Mons secourait 3,222 personnes, celle de Charleroi 3,715. Mais la répartition des secours se faisait d'une manière bien différente. Dans la caisse de Mons, l'on comptait 933 ouvriers mutilés et 849 veuves d'ouvriers qui ont péri par accident; tandis que, dans la caisse de Charleroi, on ne comptait que 218 ouvriers de la première catégorie et 389 veuves. A Mons, on ne comptait que 86 parents (pères, mères, etc.) d'ouvriers qui avaient péri par accident, et 120 ouvriers vieux et infirmes, ayant atteint l'âge de 70 ans; à Charleroi on mentionnait dans la catégorie des pensionnés : 65 parents d'ouvriers qui ont péri par accident, 650 ouvriers vieux et infirmes, 18 veuves d'ouvriers mutilés, et 149 veuves d'ouvriers vieux et infirmes.

Comme secours temporaires, la caisse de Mons est venue en aide à 1,234 orphelins de père et de mère, enfants de veuves ou d'ouvriers infirmes, jeunes sœurs d'ouvriers; la caisse de Charleroi a secouru 1,024 personnes de cette catégorie.

Tandis qu'à la caisse de Mons on a supprimé toute mention de *secours extraordinaires*, on compte à Charleroi 1,202 personnes rangées sous cette rubrique, recevant une somme totale de fr. 158,358 11 c. Il nous paraît qu'il y a là évidemment abus; et dans l'énumération, on retrouve des catégories de personnes qui ont déjà figuré plus haut sous la rubrique de *pensions viagères*, comme : les parents d'ouvriers qui ont péri par accident, les ouvriers vieux *ou* infirmes, les veuves d'ouvriers, etc. Il n'est pas étonnant qu'avec des dépenses comme celles-là, la caisse de Charleroi en soit venue à éprouver des déficits dans ses comptes pen-

dant trois années sur les six de la période que nous examinons.

De même, tandis qu'à Mons l'âge d'admission des ouvriers à la pension est de 70 ans, à Charleroi on les y admet dès l'âge de 60 ans, à la condition qu'ils aient contribué au moins pendant quinze ans à la caisse commune. Dans cette dernière association, on a fait deux catégories de ces vieux ouvriers : les uns sont pensionnés ; les autres ne reçoivent que des secours dits *extraordinaires*. Voici le relevé des distributions faites pendant les six dernières années, par la caisse commune, à ces deux catégories de vieillards :

ANNÉES.	PENSIONS VIAGÈRES.		SECOURS EXTRAORDINAIRES.	
	NOMBRE DES PENSIONS.	MONTANT.	NOMBRE DES SECOURS.	MONTANT.
		Fr. c.		Fr. c.
1866	309	54,459 62	135	16,792 70
1867	353	62,318 28	165	20,008 10
1868	416	80,355 64	232	30,977 71
1869	491	92,459 85	280	34,823 »
1870	577	102,736 67	287	34,234 63
1870	650	117,044 42	316	37,457 16

On remarque la progression rapide du nombre de vieux mineurs à secourir : en l'espace de six années, le nombre des vieillards pensionnés ou admis aux secours a plus que doublé ; de fr. 71,252 32 c. en 1866, le montant total des pensions et secours s'est élevé en 1871 à fr. 154,501 58 c., c'est-à-dire qu'il a aussi plus que doublé. Tous ces chiffres démontrent la nécessité, en présence de la situation de la caisse, d'apporter de l'économie dans toutes les branches de dépenses, en se restreignant surtout, dans l'esprit des statuts, pour

ce qui regarde les secours en dehors des cas d'accidents.

Pendant les six dernières années, de 1866 à 1871, indépendamment des sommes données par les sociétés exploitantes, la caisse commune de Charleroi a consacré les sommes suivantes à l'instruction et à l'éducation des enfants d'ouvriers :

En 1866	fr.	4,225	36
1867	»	6,786	15
1868	»	8,817	»
1869	»	6,752	70
1870	»	11,504	89
1871	»	8,660	20

On sait quc ces sommes n'étaient accordées, en général, qu'aux écoles gardiennes pour l'admission d'enfants au-dessous de l'âge de sept ans, et sous la condition du versement d'une somme égale des sociétés employant les parents de ces enfants. Aujourd'hui que la caisse de Charleroi est reconnue par application de la loi du 28 mars 1868, cette allocation a pris fin.

Les distributions des caisses particulières de secours, dont nous avons donné ci-dessus (p. 103) le relevé, en même temps que le sommaire de leurs recettes, ont compris en 1871, les objets suivants :

Montant des secours en argent	fr.	250,191	73
» » médicaments.	»	49,577	13
» » charbon	»	9,684	25
» » vivres, etc.	»	11,881	19
» » habillements, etc.	»	2,415	70
Honoraires des médecins	»	112,885	54
Total.	fr.	436,635	54

Le montant des recettes de ces caisses, s'élevant en

total à fr. 437,971 17 c., se composait des sommes suivantes : dons des patrons, fr. 16,314 16 c. ; montant des retenues sur les salaires, fr. 421,657 01 c. Total égal, fr. 437,971 17 c.

Ces secours ont été répartis entre 12,374 personnes.

Comme nous l'avons vu ci-dessus, la caisse du bassin de Charleroi a été reconnue par arrêté royal du 4 octobre 1872.

§ 3. — *Caisse du Centre.*

La caisse de prévoyance du Centre ne compte que neuf exploitations associées, toutes riches et puissantes; quelques autres concessions, récemment octroyées, ont demandé à faire partie de l'association; mais jusqu'ici l'on n'a pu s'entendre sur les conditions d'admission.

Ainsi que nous l'avons vu ci-dessus (chap. II, p. 76) la caisse du Centre, tout en revisant ses statuts dans le sens de la loi du 28 mars 1868, n'a pas consenti à souscrire à la permanence de l'institution, première condition à observer pour une association qui aspire à être reconnue et à jouir des priviléges que la loi lui assure.

La régularité des couches de ce bassin, la facilité qui en résulte pour l'extraction du minerai, sont cause que peu d'accidents graves y arrivent; l'ouvrier, dans ce district, est aussi moins nomade que dans les bassins de Mons et de Charleroi.

Voici, pour les six années que comprend notre compte rendu, le relevé des renseignements statistiques que contiennent les rapports annuels de la commission administrative de cette caisse :

ANNÉES.	NOMBRE d'ouvriers.	NOMBRE de journées.	MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN (1) par an.	SALAIRE MOYEN (1) par journée.
			Francs.	Fr. c.	Fr. c.
1866	8,189	2,456,700	7,242,118	884 37	2 95
1867	8,727	2,618,100	7,979,924	914 39	3 05
1868	9,007	2,702,100	7,964,544	884 26	2 95
1869	9,260	2,778,000	8,638,921	932 93	3 11
1870	9,389	2,816,700	9,042,469	963 09	3 21
1871	9,936	2,980,800	9,528,444	958 98	3 20

Les recettes et les dépenses de la caisse commune et des caisses particulières de secours ont continué à s'accroître dans le cours des six dernières années. En voici le tableau sommaire :

ANNÉES.	CAISSE COMMUNE. Recettes.	CAISSE COMMUNE. Dépenses.	CAISSES PARTICULIÈRES. Recettes.	CAISSES PARTICULIÈRES. Dépenses.
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.
1866	127,312 90	116,534 65	63,028 65	67,686 24
1867	139,458 96	120,305 21	69,062 22	62,989 28
1868	140,075 19	117,999 70	69,140 61	62,527 49
1869	151,490 58	121,232 69	75,259 58	67,809 51
1870	159,265 91	128,533 20	81,573 46	81,896 99
1871	167,600 95	138,160 59	82,665 02	89,899 13

Le nombre des personnes secourues et le montant

(1) Le salaire moyen a été calculé à raison de 300 journées de travail, par année, des ouvriers de toute catégorie (le nombre des enfants y entrant pour $\frac{2}{5}$).

des sommes distribuées s'accroissent aussi d'année en année. Le tableau ci-après en donne le relevé :

ANNÉES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
		Fr. c.
1866	819	115,629 50
1867	832	119,273 »
1868	837	115,297 50
1869	860	119,839 »
1870	930	127,203 50
1871	995	136,208 50

Les pensions et secours se sont répartis de la manière suivante pendant l'exercice 1871 :

PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
Pensions viagères.		Fr. c.
Ouvriers mutilés et incapables de travailler	243	44,913 »
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident	156	26,974 50
Vieux parents d'ouvriers qui ont péri par accident	143	13,880 »
Vieux ouvriers infirmes	257	33,436 »
Veuves de vieux ouvriers	179	12,372 »
Pensions temporaires.		
Orphelins	17	925 »
Secours extraordinaires.		
Gratifications à neuf veuves remariées	»	3,708 »
TOTAUX.	995	136,208 50

Ainsi qu'on peut le remarquer, la caisse ne délivre pas de secours « à des ouvriers grièvement blessés ; » elle en laisse le soin aux caisses particulières de secours. Elle accorde des pensions à de vieux ouvriers infirmes. En voici le relevé pour les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE DES VIEILLARDS SECOURUS.	MONTANT des SECOURS.
		Fr. c.
1866.	214	28,184 »
1867.	201	26,966 »
1868.	211	27,990 »
1869.	217	29,112 »
1870.	236	30,912 »
1871.	257	33,436 »

Il est à remarquer qu'outre les pensions à de vieux ouvriers infirmes, la caisse accorde aussi des pensions ainsi qualifiées : « à des veuves de vieux ouvriers. »

D'après les statuts de cette caisse, les exploitants associés versent dans les caisses particulières de secours une somme égale au montant des retenues prélevées sur les salaires de leurs ouvriers. Nous avons indiqué ci-dessus le montant des recettes et des dépenses de ces caisses pendant les six dernières années. Le montant des dépenses qui n'ont consisté qu'en secours en argent, a été en total, en 1871, de fr. 89,899 13 c. Il y a eu déficit pour plusieurs exploitations ; mais ces déficits sont couverts ou avec les excédants des précédentes années, ou par les libéralités des patrons.

Par suite d'une erreur, l'avoir général de la caisse

commune avait été imparfaitement indiqué à la date de la clôture des exercices 1867 et 1868 ; les chiffres exacts étaient respectivement de fr. 382.961 24 c. et de fr. 405,036 83 c., au lieu de 372,269 58 c. et de fr. 394,345 07 c., qui y étaient portés. L'erreur a été rectifiée à partir du relevé du 31 décembre 1869.

A la différence des autres caisses, celle du Centre n'indique pas le genre de placement des fonds appartenant à la caisse commune. A l'*État financier*, la commission administrative indique le *doit* et *avoir* des sociétés affiliées, et porte en regard du doit l'avoir de la caisse de prévoyance à la clôture de l'exercice, soit fr. 495,467 79 c., au 1er janvier 1872. Nous estimons aussi qu'il serait préférable de supprimer à l'avenir, dans ses comptes, la distinction entre une réserve inamovible qui n'est que fictive et les sommes disponibles. En réalité, l'avoir de l'association ne constitue qu'un *fonds de pensions*, dont la destination est de fournir, au moyen de l'intérêt des capitaux placés, un contingent qui lui sera nécessaire bientôt pour parfaire le payement des pensions, dont les charges augmentent d'année en année.

Dans l'intérêt des dix mille ouvriers qui participent aux bienfaits de la caisse, dans celui de leurs familles, nous pouvons dire pour des motifs d'intérêt général, nous espérons que l'association du Centre, pénétrée de la nécessité de rendre l'institution de la caisse permanente, reconnaîtra la sagesse des mesures réglementaires qui assurent aux caisses reconnues une existence civile et des priviléges légaux. Elle n'a pas à redouter la publicité de ses comptes, les investigations du gouvernement. Le seul effet de la loi de 1868 est la consolidation pour l'avenir du régime sous lequel les caisses ont été florissantes depuis plus de trente ans, avec une sécurité de plus pour l'avenir.

§ 4. — *Caisse de Liége.*

L'exploitation des mines, comme l'industrie métallurgique, a continué de prospérer dans la province de Liége : le travail assuré par continuité, l'élévation des salaires ont contribué à l'amélioration du bien-être de la classe ouvrière et assuré un grand développement aux recettes de la caisse commune de prévoyance.

Les comptes rendus de la commission administrative, dont le cadre vient d'être récemment agrandi et qui sont rédigés avec beaucoup de soin, nous font connaître que, pendant l'exercice 1871, 87 exploitations de mines faisaient partie de l'association, savoir : 65 mines de houille, 22 mines métalliques concédées.

Le dernier rapport fournit les renseignements statistiques suivants concernant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE		MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN	
	d'ouvriers.	de journées.		par an.	par journée.
			Francs.	Fr. C.	Fr. C.
1866	23,075	6,842,899	18,145,070	739 »	2 48
1867	25,195	7,439,877	20,163,046	765 33	2 55
1868	23,292	6,947,299	17,976,539	731 70	2 45
1869	23,339	6,943,956	18,569,376	748 33	2 49
1870	23,997	7,167,308	20,725,909	863 68	2 89
1871	25,227	7,535,714	22,694,052	899 60	3 01

Le relevé ci-après indique le mouvement des recettes et des dépenses de la caisse commune et des caisses particulières de secours pendant chacune des années de la période que nous examinons :

ANNÉES.	CAISSE COMMUNE.		CAISSES PARTICULIÈRES.	
	Recettes.	Dépenses.	Recettes.	Dépenses.
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.
1866	228,384 74	181,050 83	454,323 78	471,645 99
1867	302,982 28	225,956 53	487,933 47	448,228 91
1868	329,867 76	233,965 53	448,819 26	434,829 27
1869	333,292 32	262,045 41	485,385 93	446,655 81
1870	308,416 37	262,919 25	534,443 69	444,339 92
1871	587,298 97	514,123 52	521,870 85	524,679 14

La commission explique l'énorme augmentation des recettes et des dépenses portées à l'exercice 1871. « Précédemment, » dit-elle (p. 4 du rapport), « les opé» rations annuelles comprenaient le quatrième trimes» tre de l'exercice antérieur et les trois premiers de » l'exercice courant. Il nous a paru plus rationnel » de comprendre le quatrième trimestre de l'exercice » 1871, dans nos recettes comme daus nos dépenses. » Par cette mesure, nos comptes présenteront à l'ave» nir le résultat de l'année écoulée, du 1er janvier au » 31 décembre.

» D'un autre côté, la reprise des affaires dans l'in» dustrie charbonnière a influencé également les résul» tats de nos opérations, par suite de l'élévation du » prix des salaires pendant l'exercice 1871.

» Enfin, nous avons apuré nos comptes avec diverses » exploitations qui étaient en retard depuis longtemps » de nous produire les relevés de leurs opérations, » tant en recettes qu'en dépenses. »

En remontant à l'année 1866, une épidémie cholérique ayant fait de grands ravages cette année parmi

la population ouvrière, la commission administrative, usant de la faculté que lui donnait l'art. 16 des statuts, accorda des secours extraordinaires aux familles des ouvriers mineurs victimes de cette épidémie. Cette mesure occasionna à la caisse commune une augmentation de charges d'environ 30,000 francs que l'exercice 1867 eut à supporter. On se félicita alors que l'assemblée générale, dans sa séance du 25 juillet 1865, eût augmenté d'un demi pour cent le taux de la cotisation des exploitations associées, qui depuis l'origine était resté fixé à 1 °/₀ du montant des salaires.

Le 6 février 1867, un éboulement dans le puits *Bon-Buveur*, au charbonnage des *Kessales*, à Jemeppe, a fait vingt victimes.

En 1869, la commission administrative augmenta, dans une certaine proportion, les pensions des enfants, celles des ouvriers mutilés de la 2e et de la 3e catégorie, et les secours accordés aux ouvriers infirmes âgés de 65 ou 70 ans. Ces modifications ont pris cours au 1er janvier 1870.

Les recettes de cette année ont été inférieures d'une somme de fr. 24,875 95 c. à celles de l'exercice antérieur. Cet état provenait, aux termes du rapport, du retard de certaines exploitations à apurer leurs comptes.

Enfin, l'année 1871 a présenté une augmentation dans le nombre des accidents qui, dans le cours de cette année, ont occasionné la mort de 64 ouvriers mineurs et des blessures graves à 48 autres.

Voici le relevé du nombre des personnes secourues et des pensions et secours payés par la caisse commune durant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
		Fr. c.
1866	1,774	176,784 80
1867	1,844	221,672 43
1868	2,051	229,757 65
1869	2,313	257,708 26
1870	2,416	258,126 65
1871	2,487	508,081 62

Les pensions et secours se sont répartis ainsi qu'il suit en 1871 :

PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
Pensions viagères.		Fr. c.
Ouvriers mutilés et incapables de travailler	319	79,892 30
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident.	450	97,979 40
Vieux parents d'ouvriers qui ont péri par accident	64	14,983 »
Pensions temporaires.		
Orphelins de père et de mère	39	4,246 12
Enfants de veuves	437	23,988 80
Secours extraordinaires.		
Vieux ouvriers infirmes	1,178	284,992 »
Totaux.	2,487	508,081 62

Une remarque constante, c'est l'augmentation rapide des sommes payées pour pensions et secours ; au reste, il convient de se rappeler que les payements faits en 1871 comprennent un exercice de quinze mois.

Le relevé ci-après montre le nombre des vieux ouvriers infirmes secourus par la caisse commune, pendant les six dernières années, et le montant des sommes qu'ils ont reçues à titre de *secours extraordinaires :*

ANNÉES.	NOMBRE DES VIEILLARDS SECOURUS.	MONTANT des SECOURS.
		Fr. c.
1866.	693	77,628 08
1867.	751	99,880 28
1868.	904	101,424 »
1869.	1,083	113,393 76
1870.	1,206	142,020 85
1871.	1,178	284,992 »

Pour les sommes payées durant l'année 1871, nous nous en référons à l'explication donnée ci-dessus.

Le tableau inséré plus haut (p. 115) indique le montant des recettes et des dépenses des caisses particulières de secours pour chacune des six dernières années. Nous ne pouvons, pour les sommes reçues et payées en 1871, que reproduire la même explication.

Durant ce dernier exercice, les caisses particulières ont dépensé :

Montant des secours en argent . .	fr.	370,661 38
» » médicaments.	»	74,479 66
» » pains, charbon, etc.	»	21,332 »
Honoraires des médecins. . . .	»	58,206 10
Total.	fr.	524,679 14

La somme de fr. 521,870 85 c., portée en recettes, se composait de fr. 483,471 85 c., provenant des retenues et de fr. 38,399 fournis par les sociétés exploitantes.

Nous rappelons que la caisse de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs de la province de Liége a été *reconnue* par arrêté royal du 20 janvier 1873.

§ 5. — *Caisse de Namur.*

La caisse commune de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs de la province de Namur comprenait, en 1871, 115 exploitations associées employant 4,250 ouvriers et se subdivisant ainsi qu'il suit :

	NOMBRE d'exploit. associées.	NOMBRE d'ouvriers affiliés.
Mines de houille	27	2,038
Mines métalliques concédées	35	374
Exploitations libres de minerai de fer.	43	1,788
Carrières souterraines, usines minéralurgiques, etc.	10	50
Totaux.	115	4,250

Les rapports de la commission administrative, rédigés avec beaucoup de clarté et de précision, donnent les renseignements statistiques suivants concernant l'exploitation minérale pendant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE d'ouvriers.	NOMBRE de journées.	MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN par an.	SALAIRE MOYEN par journée.
			Francs.	Fr. C.	Fr. C.
1866	4,490	1,167,400	3,018,539	673 40	2 59
1867	4,354	1,132,040	3,192,390	733 20	2 82
1868	4,066	1,057,160	2,964,200	728 »	2 80
1869	4,040	1,050,400	2,746,663	678 60	2 60
1870	4,302	1,118,520	2,861,037	665 60	2 56
1871	4,250	1,105,000	3,161,932	744 »	2 86

Les comptes des recettes et des dépenses de la caisse commune et des caisses particulières de secours se résument ainsi qu'il suit, pour la période de 1866 à 1871 :

ANNÉES.	CAISSE COMMUNE.		CAISSES PARTICULIÈRES.	
	Recettes.	Dépenses.	Recettes.	Dépenses.
	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C
1866	60,688 13	55,785 63	41,237 62	28,830 77
1867	63,935 55	60,531 67	41,849 89	29,525 34
1868	60,351 80	64,363 54	31,491 »	26,481 »
1869	57,472 67	69,901 55	30,195 »	28,178 »
1870	58,289 54	68,918 06	25,740 05	24,672 24
1871	63,802 29	70,615 96	28,688 »	24,054 »

Ce qui frappe d'abord les regards, c'est que, pour ce qui concerne la caisse commune de prévoyance, pendant quatre années consécutives, les dépenses ont *excédé* les recettes.

Cette situation a attiré, depuis le mois de juin 1871, l'attention de la commission administrative, et voici comment elle s'exprime à cet égard dans son rapport du mois de juin 1872 :

« L'expérience nous ayant prouvé, depuis plusieurs » années, que le tarif des pensions et secours ne pouvait » être maintenu sans une augmentation de ressources, » la prudence nous a commandé de porter notre at- » tention sur un fait qui s'accentuait tous les jours da- » vantage et de poser les questions de savoir si l'on » majorerait la subvention et la retenue, ou si l'on ré- » duirait les pensions et les secours : ce second avis » ayant prévalu, une sous-commission composée de » quatre membres fut choisie dans notre réunion du

» 22 juin, au sein de la commission administrative, et » elle eut pour mission de préparer un nouveau tarif » *dans un sens économique.* »

La commission fit son rapport à la séance de l'assemblée générale du 31 août suivant :

Elle porta à trois mois, au lieu de six semaines, les secours à charge des caisses particulières ;

Elle laissa ouvert le droit à la pension pour les veuves dont le mari viendrait à succomber, après un temps plus ou moins long, des suites de leurs blessures ;

Elle admit que, dans certains cas, la dot accordée à une veuve qui se remarie pourrait être portée jusqu'à 500 francs une fois donnés ;

Affirmant de nouveau le principe de la mutualité, elle admit, pour base de la retenue et de la subvention, un *salaire uniforme pour tous les ouvriers.*

L'adoption de ces propositions a paré aux difficultés que présentait la fixation des retenues proportionnelles, lorsque, dans la pratique, le salaire se calcule tantôt sur la journée, le mètre cube d'extraction ou d'avancement, tantôt sur la cense ou le minerai lavé, etc.

L'assemblée fixa à 6 francs par an la retenue à faire aux ouvriers, et à la même somme la subvention des propriétaires, ces payements se faisant cumulativement par sommes de trois francs, chaque trimestre, quelque soit le nombre de jours que l'ouvrier ait travaillé pendant ce trimestre.

Un tarif uniforme de pensions et de secours fut également arrêté pour tous les ouvriers appartenant à une même catégorie. (V. le rapport de la commission administrative pour l'exercice 1871, pages 4 et 5.)

La commission attend une augmentation de recettes et une diminution de dépenses, par suite de ce double changement.

Le tableau qui suit montre le nombre de personnes

secourues et le montant des sommes payées par la caisse commune, en pensions et secours, pendant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
		Fr. c.
1866.	415	53,458 28
1867.	478	58,637 »
1868.	452	62,278 84
1869.	485	67,947 30
1870.	599	66,848 39
1871.	599	68,541 42

Durant l'année 1871, les pensions et secours ont été répartis ainsi qu'il suit :

PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
Pensions viagères.		Fr. c.
Ouvriers mutilés ou incapables de travailler	20	5,130 »
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident.	84	20,205 84
Vieux parents d'ouvriers qui ont péri par accident	6	2,310 »
Pensions temporaires.		
Orphelins de père et de mère. . . .	11	744 »
Enfants { d'ouvriers mutilés. . . .	13	415 50
Enfants { de veuves	142	4,948 42
Jeunes frères et sœurs	»	»
Secours extraordinaires.		
Personnes déjà pensionnées.	9	720 »
Proches parents du défunt	17	2,100 50
Ouvriers grièvement blessés	113	23,525 50
Vieux ouvriers infirmes	28	3,537 72
Autres personnes secourues (enfants d'ouvriers blessés grièvement) . . .	156	4,903 54
TOTAUX. . .	599	68,541 42

Ce tableau montre, en particulier, l'extension que les secours extraordinaires avaient prise, d'où résulte la nécessité de modérer ce genre de dépenses.

La caisse de la province de Namur ne secourt relativement qu'un faible nombre de vieux ouvriers infirmes. Voici le relevé des secours donnés à cette catégorie de personnes pendant les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE DES VIEILLARDS SECOURUS.	MONTANT des SECOURS.
		Fr. c.
1866.	22	3,217 40
1867.	28	3,652 »
1868.	29	4,128 »
1869.	29	4,148 »
1870.	29	3,828 »
1871.	28	3,537 72

Le relevé de la page 120 reproduit le sommaire des recettes et des dépenses des caisses particulières de secours, pendant les six années que comprend notre compte rendu. Ces secours ont été répartis, en 1871, ainsi qu'il suit :

Montant des secours en argent . . .	fr.	17,631 »
» » médicaments .	»	4,467 »
» » charbon, pains, etc.	»	1,956 »
Total.	fr.	24,054 »

Le montant des recettes de ces caisses était de fr. 28,688, sur lesquels fr. 23,336 provenaient des

retenues sur les salaires et fr. 5,352 des sommes versées par les exploitants.

La caisse de prévoyance de la province de Namur a été reconnue, ainsi que nous l'avons dit au chapitre II, par un arrêté royal du 4 octobre 1872.

§ 6. — *Caisse du Luxembourg*.

L'association de prévoyance de la province de Luxembourg ne comprend que deux concessions de mines métalliques, une carrière souterraine et 24 exploitations d'ardoises appartenant à cinq sociétés. Total, huit sociétés, occupant, en 1871, 671 ouvriers, qui se répartissent ainsi qu'il suit :

2 mines métalliques	45	ouvriers.
1 carrière	36	»
5 ardoisières souterraines.	590	»
Total égal. . . .	671	ouvriers.

Par la nature de ces exploitations, les accidents graves y sont rares ; aussi la caisse commune n'a-t-elle perçu jusqu'ici qu'un p. °/₀ des salaires payés aux ouvriers, la moitié, soit $\frac{1}{2}$ p. °/₀, supportée par ces derniers, l'autre versée par les exploitants.

On sait que le siége de la caisse commune est fixé à Neufchâteau.

Voici, pour les six dernières années, les renseignements statistiques que contiennent les rapports annuels de la commission administrative de cette caisse :

ANNÉES.	NOMBRE d'ouvriers.	NOMBRE de journées.	MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN par an.	SALAIRE MOYEN par journée.
			Francs.	Fr. C.	Fr. C.
1866	431	116,370	229,522	532 53	1 97
1867	433	116,910	264,607	611 10	2 64
1868	520	140,400	323,500	622 12	2 31
1869	548	148,230	380,262	692 64	2 56 ½
1870	576	155,520	420,365	720 »	2 70
1871	671	181,841	423,423	632 53	2 34 ½

Le tableau suivant indique le montant des recettes et des dépenses de la caisse commune et des caisses particulières de secours, pendant les six dernières années :

ANNÉES.	CAISSE COMMUNE. Recettes.	CAISSE COMMUNE. Dépenses.	CAISSES PARTICULIÈRES. Recettes.	CAISSES PARTICULIÈRES. Dépenses.
	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.
1866	3,369 22	3,179 96	3,374 69	3,531 18
1867	3,749 33	3,012 68	4,032 39	5,321 06
1868	4,833 99	4,141 76	3,682 07	5,368 89
1869	4,979 70	4,478 80	5,776 49	5,199 12
1870	5,408 65	6,211 65	6,309 28	5,196 73
1871	5,676 »	7,596 60	6,670 39	7,035 43

Pendant les deux dernières années, les dépenses de la caisse commune ont excédé, d'une somme assez forte, les recettes. Si cette situation ne se modifie pas, l'association se trouvera obligée de hausser le taux des retenues.

Les sommes payées en pensions et secours se sont réparties, pendant les six dernières années, ainsi qu'il suit :

ANNÉES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
		Fr. c.
1866.	38	2,938 66
1867.	40	2,771 38
1868.	56	3,792 63
1869.	46	4,121 40
1870.	61	5,779 20
1871.	83	7,259 15

On remarque que l'augmentation des dépenses est constante ; voici, durant l'exercice 1871, entre quelles catégories de personnes ces sommes ont été distribuées :

PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.
Pensions viagères.		Fr. c.
Ouvriers mutilés, incapables de travailler	7	1,400 »
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident.	10	1,027 29
Parents d'ouvriers qui ont péri . . .	2	120 »
Ouvriers vieux et infirmes	51	4,407 40
Pensions temporaires.		
Enfants de veuves, orphelins de père et de mère	10	104 36
Secours extraordinaires.		
Ouvriers grièvement blessés	1	100 »
Veuves d'ouvriers *non tués*	2	100 »
TOTAUX. . . .	83	7,259 15

On voit l'extension qu'a prise la catégorie des pensions accordées à de vieux ouvriers infirmes. Le montant de ces pensions a rapidement augmenté. En voici la récapitulation pour les six dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE DES VIEILLARDS SECOURUS.	MONTANT des SECOURS.
		Fr. c.
1866.	10	1,045 »
1867.	17	1,268 33
1868.	18	1,560 »
1869.	13	1,305 »
1870.	31	3,030 »
1871.	51	4,407 50

Les statuts revisés et approuvés par arrêté royal du 4 octobre dernier portent que des pensions viagères sont accordées (art. 19, n° 4) : « A de vieux ouvriers » devenus infirmes par l'exercice de leur profession, et » qui ont été attachés pendant quinze ans au moins » à des exploitations associées. » Il est vraisemblable, si ce nombre se maintient, vu la longue durée ordinaire de ces pensions, que l'association de la caisse commune de prévoyance se verra obligée de porter à 1 ½ %, comme cela a lieu dans toutes les autres caisses, le taux des retenues et des cotisations réunies, qui n'a été jusqu'ici que de 1 %. Les intérêts de sa réserve ne lui viennent que faiblement en aide pour parfaire les payements de l'année.

Le tableau ci-dessus (p. 125) reproduit le relevé

sommaire des recettes et des dépenses des caisses particulières de secours pendant les six dernières années. A plus d'une reprise, les dépenses de ces caisses ont dépassé leurs recettes. Comment les déficits ont-ils été comblés ? D'après les statuts de l'association de prévoyance de la province de Luxembourg, les sociétés exploitantes versent dans les caisses particulières de secours, comme dans la caisse commune, une quotité égale au montant des retenues opérées sur les salaires de leurs ouvriers. Dans les statuts revisés, il est stipulé (art. 7) que « les caisses particulières de secours sont » alimentées au moyen de retenues sur les salaires et » de cotisations égales des patrons, s'élevant cumula- » tivement *à 1 °/₀ de ces salaires.* » Il y est ajouté : « Le taux des retenues pourra néanmoins être aug- » menté, si l'expérience en prouve la nécessité, mais » sans augmentation correspondante des subventions » des patrons, fixées à $\frac{1}{2}$ °/₀. » Nous pensons qu'il y a lieu de faire usage immédiatement de cette faculté.

Les dépenses des caisses particulières de secours, qui se sont élevées en 1871 à fr. 7,035 43 c., ont été appliquées ainsi qu'il suit :

Montant des secours en argent . .	fr.	1,733 33
Médicaments et honoraires des médecins.	»	5,302 10
Total égal . .	fr.	7,035 43

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, la caisse de prévoyance des ouvriers mineurs et carriers de la province de Luxembourg a été reconnue par arrêté royal du 4 octobre 1872.

CHAPITRE V.

CONCLUSION.

Pour apprécier le travail de révision des statuts des caisses de prévoyance, il a fallu d'abord se reporter au point de vue des besoins auxquels il était indispensable de pourvoir à l'époque de leur établissement. L'exposé de leurs opérations, de leur situation nous permet de considérer, sous un autre aspect, si le travail de consolidation entrepris a reposé sur ses véritables bases.

Conçues primitivement et principalement en vue de pourvoir aux conséquences des accidents si graves et si fréquents qui atteignent les ouvriers mineurs dans l'exercice de leur pénible et dangereuse industrie, les caisses de prévoyance ont dû, avec le temps, venir en aide aux ouvriers mineurs âgés et infirmes, dont les fatigues ont épuisé les forces. Mais les ressources des caisses ne seraient pas proportionnées à l'étendue des besoins auxquels elles sont appelées à satisfaire si, grâce à leur mode d'organisation, elles n'avaient pas rempli une double condition.

D'abord, en érigeant à côté des caisses communes de prévoyance des caisses particulières de secours, qui ne profitent qu'aux ouvriers de l'établissement pour lequel elles ont été créées, on a confié à ces dernières la mission de pourvoir à tous les cas où l'intervention d'une caisse centrale n'était pas jugée nécessaire. La surveillance, le contrôle, pour le cas de blessures légères, s'exercent plus facilement dans ces caisses locales. Ensuite, pour les accidents qui rentrent dans le cadre des caisses communes, les besoins sont tellement grands, les conséquences si graves, que, *sans*

l'assistance des patrons, les caisses communes seraient hors d'état d'y pourvoir.

Ce qui distingue, au premier coup d'œil, les caisses belges de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs, c'est donc l'ASSOCIATION A DEUX DEGRÉS. En se soumettant, dans les statuts qu'ils ont élaborés, à verser dans les caisses communes des sommes égales au total des retenues perçues sur les salaires de leurs ouvriers, les exploitants de mines s'en sont montrés les bienfaiteurs. Pendant les trente-trois années écoulées depuis l'institution des caisses, leur gestion a été sage et prudente. Ce n'est pas qu'en se réglant d'après des tables de mortalité soigneusement calculées, les commissions administratives aient procédé avec la rigueur mathématique des compagnies d'assurances sur la vie. Mais, résistant à des entraînements irréfléchis, elles ont eu soin de maintenir le taux des contributions à un niveau suffisamment élevé pour assurer aux caisses des ressources dans l'avenir.

Tout en conservant dans les mains des patrons l'administration des caisses, les statuts n'ont pas négligé d'appeler des représentants de la classe ouvrière à faire partie des commissions administratives. Celles-ci, ayant géré de manière à obtenir, chaque année (sauf un petit nombre d'exceptions), un excédant de recettes sur les dépenses, sont parvenues à créer un capital important de réserve. Au 1er janvier 1872, les intérêts de ce fonds, en y comprenant quelques recettes accessoires, montaient à fr. 257,778 24 c. Ce fonds lui-même, l'*avoir* des caisses communes de prévoyance, s'élevait à fr. 5,412,652 57 c. A l'intérêt de ce capital, au montant des cotisations des patrons et des ouvriers, il faut joindre une subvention annuelle du budget de l'État, s'élevant à environ fr. 45,000.

En ne nous occupant pour un moment que des dé-

penses des caisses communes, elles se sont élevées, dans la dernière des années dont nous avons exposé les comptes, à une somme de fr. 1,661,689 95 c., y compris une somme de fr. 34,573 73 c. pour frais d'administration. Le montant des retenues perçues sur les salaires des ouvriers, dans le courant de l'année 1871, n'a été que de fr. 712,888 58 c., laissant subsister un manquement de fr. 948,801 97 c., pour couvrir ces dépenses. (Nous avons laissé en dehors les sommes payées pour l'instruction des enfants d'ouvriers.) En y comprenant le produit des cotisations des patrons et la subvention accordée par l'État, l'équilibre ne serait pas encore rétabli ; on n'obtiendrait qu'une somme de fr. 1,470.012 16 c. C'est qu'indépendamment de la résolution généreuse des patrons qui, dès l'origine, les a portés à verser dans les caisses communes des sommes égales au montant des retenues perçues sur les salaires de leurs ouvriers, il faut remarquer qu'ils ont administré ces caisses avec beaucoup de sagesse et de prudence. Ils ont su résister aux tendances de ceux qui, par suite d'inattention ou pour des motifs intéressés, ne se préoccupent que des besoins du moment. En ne maintenant pas à un taux suffisant les cotisations des patrons et celles de leurs ouvriers, ils ne seraient pas parvenus à créer un fonds qui, au moment où nous écrivons, atteint 5 millions 750,000 francs. En écoutant les suggestions dont nous venons de parler, et qui auraient eu le dessus dans un autre mode d'organisation, tel que quelques personnes cherchent à l'établir, dès la vingtième année on aurait senti la nécessité, ou d'augmenter considérablement le taux des retenues ou de réduire le nombre et le montant des secours, au grand détriment de ceux qui sont secourus aujourd'hui.

Nous pourrions nous arrêter ici, pensant avoir justifié complétement, par l'examen des faits, par les ré-

sultats de l'expérience acquise, la marche adoptée par le gouvernement et par la commission de révision dans l'application des principes de la loi du 28 mars 1868.

Mais les faits doivent être notre guide : les besoins des caisses, le nombre de ceux qui ont recours à leurs bienfaits restent-ils les mêmes? ces besoins sont-ils constants? Malgré l'habileté des ingénieurs des mines, y compris ceux des sociétés, nonobstant les progrès qu'a faits l'art de l'exploitation, observe-t-on chaque année à peu près le même nombre d'accidents? En résulte-t-il un même montant de charges? Comparons le relevé des accidents arrivés dans les mines associées, durant la période de 1866 à 1871, avec les résultats des années antérieures. Les tableaux ci-après présentent, pour chaque caisse, d'après les relevés publiés à la suite des rapports des commissions administratives, le nombre des victimes (tués ou blessés plus ou moins grièvement) dans les exploitations *associées*. Nous y ajoutons le montant total de la population ouvrière de leur circonscription. Dans le nombre des blessés ne sont pas compris les cas presque journaliers de blessures légères.

Caisse de Mons.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL DES OUVRIERS.	NOMBRE DES OUVRIERS	
		TUÉS.	BLESSÉS GRIÈVEMENT.
1866	26,905	24	17
1867	27,503	31	24
1868	27,219	62	26
1869	26,877	43	27
1870	27,452	37	30
1871	27,078	42	44

Caisse de Charleroi.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL DES OUVRIERS.	NOMBRE DES OUVRIERS	
		TUÉS.	BLESSÉS GRIÈVEMENT.
1866	27,964	75	152
1867	30,680	97	160
1868	29,472	78	167
1869	29,371	116	186
1870	30,120	69	156
1871	30,419	92	148

Caisse du Centre.

ANNÉES	NOMBRE TOTAL DES OUVRIERS.	NOMBRE DES OUVRIERS	
		TUÉS.	BLESSES GRIÈVEMENT.
1866	8,189	16	24
1867	8,727	17	27
1868	9,007	15	12
1869	9,260	17	14
1870	9,389	17	12
1871	9,936	7	11

Caisse de Liége.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL DES OUVRIERS.	NOMBRE DES OUVRIERS	
		TUÉS.	BLESSÉS GRIÈVEMENT.
1866	23,075	62	27
1867	25,195	72	12
1868	23,292	56	32
1869	23,339	50	17
1870	23,997	48	21
1871	25,227	64	48

Caisse de Namur.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL DES OUVRIERS.	NOMBRE DES OUVRIERS	
		TUÉS.	BLESSÉS GRIÈVEMENT.
1866	4,490	11	21
1867	4,354	15	27
1868	4,066	11	15
1869	4,040	12	6
1870	4,204	11	10
1871	5,302	9	1

Caisse du Luxembourg.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL DES OUVRIERS.	NOMBRE DES OUVRIERS	
		TUÉS.	BLESSÉS GRIÈVEMENT.
1866	431	»	2
1867	433	»	»
1868	520	1	5
1869	548	»	3
1870	576	»	3
1871	671	3	1

Les Caisses réunies.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL DES OUVRIERS.	NOMBRE DES OUVRIERS	
		TUÉS.	BLESSÉS GRIÈVEMENT.
1866	90,954	188	243
1867	96,892	232	250
1868	93,576	223	257
1869	93,435	238	253
1870	95,836	182	232
1871	97,581	217	253

Sur une population totale d'ouvriers, que l'on peut évaluer en moyenne à 94,600 pendant le cours des années 1866 à 1871, on compte que, dans les mines associées, il y a eu un total de 1,280 ouvriers tués, indépendamment d'un nombre relativement grand d'ouvriers blessés grièvement. C'est une moyenne annuelle de 213 ouvriers tués, ou 2.29 sur mille.

Dans la période quinquennale de 1856 à 1860, nous avions constaté une proportion de 2.5 ouvriers tués par mille; dans la période de 1861 à 1865, 2.45 sur mille. On voit que, dans le cours des six dernières années, on a eu relativement une diminution.

On ne doit pas méconnaître que plus l'exploitation minérale s'étendra, plus l'extraction s'opérera à des profondeurs plus grandes, plus aussi les dangers s'accroîtront et, par conséquent aussi, le nombre et la gravité des accidents.

Le nombre des ouvriers mineurs âgés et dignes d'être secourus augmentera encore, d'année en année, pendant longtemps. Il n'est pas à présumer que, de sitôt, écoutant les sages conseils qui lui sont donnés, cette population peu éclairée et avide de jouissances parvienne à économiser suffisamment pour se procurer un sort tranquille dans la vieillesse. Mais, dans leur état actuel, les caisses de prévoyance ne sont pas organisées de manière à servir de *caisses de retraite*. Comme tempérament nécessaire, les caisses communes pourraient adopter en principe de ne venir en aide à aucun ouvrier infirme (en dehors des cas d'accidents prévus par les statuts) qu'à la condition expresse que le dernier ou les derniers patrons interviennent pour une somme égale.

Si le temps ne nous pressait, si le moment n'était pas venu de clôturer un travail qui a pris déjà trop de développement, nous voudrions revenir sur les observations, que nous avons reproduites bien des fois, concernant divers abus qui contribuent à maintenir notre population d'ouvriers mineurs dans un déplorable degré d'abaissement : absence de toute éducation et d'instruction, pour un grand nombre d'enfants ; travail excessif et prématuré, pour des enfants privés de la lumière du soleil et de la liberté de mouvements nécessaire à leur âge ; admission dans les travaux souterrains de jeunes filles à peine nubiles, soumises à des travaux grossiers qui les déforment et altèrent leur constitution, et exposées à une corruption précoce d'autant plus à redouter qu'on les a laissées dans l'ignorance de leurs devoirs. Ce n'est pas dans de semblables milieux qu'elles se prépareront à s'acquitter de leurs obligations d'épouses et de mères de famille. Elles sont donc hors d'état de donner leurs soins, dans l'intérieur d'un ménage, à la préparation des aliments, à l'entretien du linge et des vêtements de la famille. Le défaut de propreté, d'aisance, de bien-être fait déserter à l'ouvrier sa demeure ; il va dépenser au cabaret des sommes qu'il aurait pu employer utilement à meubler sa maison et à embellir son intérieur, à pourvoir à des dépenses imprévues, à soigner l'éducation de ses enfants. On lui reproche son imprévoyance, ses habitudes de dissipation et d'ivrognerie ; et l'on ne s'aperçoit pas que le secret de sa réforme consisterait dans le changement de ses habitudes, si on parvenait à l'attacher à sa demeure, à lui rendre attrayantes les soirées passées chez lui, près de sa femme et de ses enfants !

La femme, dépourvue d'instruction, incapable de tenir sa maison, pourrait-elle donner à ses enfants la

première éducation, la plus importante aux yeux du moraliste? Ainsi se perpétue cet état d'infériorité de populations vouées à un travail incessant. Mais lorsque dans toute l'Europe et ailleurs, dans tous les pays où l'on exploite des mines, et notamment en France, en Angleterre, dans toute l'Allemagne, on voit les règlements et les usages exclure les femmes des travaux souterrains des mines, comment l'abus que nous signalons se continue-t-il dans cette Belgique si sévère sur les questions de moralité, si attentive sur tout ce qui peut améliorer la condition de ses classes ouvrières?

Espérons donc, après l'enquête faite par l'Académie royale de médecine de Belgique, que nos Chambres adopteront bientôt, avec les tempéraments nécessaires, la proposition de loi déposée par un honorable représentant de l'arrondissement de Bruxelles.

Ce n'est pas tout de venir en aide au malheureux ouvrier mutilé et incapable de travailler, à la veuve et aux enfants en bas âge de celui qui a péri par accident: nos exploitants de mines, nos grandes sociétés charbonnières ont montré assez les dispositions bienveillantes qui les animent à l'égard de leurs ouvriers : ils ne leur refuseront pas le complément de ces bienfaits en secondant leur esprit d'économie, en les aidant à se procurer des demeures saines et convenables, en favorisant l'éducation et l'instruction de leurs enfants. Le gouvernement, de son côté, doit veiller à l'avenir des générations naissantes; il ne peut pas les abandonner, et, s'il remarque des abus, son devoir est de les réprimer, de tarir le mal en remontant à sa source.

Les caisses de prévoyance ont maintenant leur vitalité propre : elles peuvent recevoir des dons et des legs d'objets mobiliers. Espérons qu'elles étendront sans cesse le cercle de leurs bienfaits. Instruit, l'ouvrier comprendra mieux ce que les patrons ont fait pour lui,

il comprendra mieux ses propres intérêts. Les rébellions, les grèves, les moyens violents, n'occasionnent que ruines et pertes sèches pour le travailleur.

Mais d'où peut venir la lumière ? De la réforme des mœurs, de l'instruction, de l'exercice des vertus de famille. L'éducation de la femme est l'élément de solution de ce problème.

Bruxelles, mars 1873.

ANNEXE.

CAISSES DE PRÉVOYANCE

EN FAVEUR DES OUVRIERS MINEURS.

COMPTES DE 1871.

Caisses de prévoyance en faveur d

RE

DÉSIGNATION des ASSOCIATIONS.	CAISSES COMMUNES DE PRÉVOYANCE.				
	Retenues sur les salaires.	Cotisations des exploitants.	Subventions de l'État.	Autres recettes.	TOTAL.
	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	Fr.
Caisse de Mons	161,188 92	161,188 92	12,770 »	64,760 41	399,908
— de Charleroi . . .	196,792 49	196,792 50	14,036 »	95,882 96	503,503
— du Centre	71,463 33	71,463 33	4,392 »	20,282 29	167,600
— de Liége	257,607 23	257,607 24	10,650 »	61,434 50	587,298
— de Namur	23,714 49	23,714 49	2,180 »	14,193 31	63,802
— du Luxembourg .	2,122 12	2,122 11	207 »	1,224 77	5,676
TOTAUX. . .	712,888 58	712,888 59	44,235 »	257,778 24	1,727,790

DÉ

DÉSIGNATION des ASSOCIATIONS.	CAISSES COMMUNES DE PRÉVOYANCE.			
	Pensions et secours.	Instruction, amélioration morale.	Frais d'administration.	TOTAL.
	Fr. C	Fr C.	Fr. C.	Fr.
Caisse de Mons.	391,944 63	6,000 » (1)	11,331 75	409,276
— de Charleroi.	515,080 90	8,660 20	12,836 »	536,577
— du Centre	136,208 50	»	1,952 09	138,160
— de Liége.	508,081 62	»	6,041 90	514,123
— de Namur.	68,541 42	»	2,074 54	70,615
— du Luxembourg.	7,259 15	»	337 45	7,596
TOTAUX. . .	1,627,116 22	14,660 20	34,573 73	1,676,350

…vriers mineurs. — Comptes de 1871.

…ES.

…aisses particulières de secours. Retenues sur les salaires.	Cotisations des exploitants.	TOTAL.	TOTAL GÉNÉRAL.	Observations.
Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	
332,645 02	68,688 64 (1)	401,333 66	801,241 91	(1) Sommes versées par 11 Sociétés exploitantes, pour suppléer à l'insuffisance des ressources des caisses particulières de secours de leurs établissements.
421,657 01	16,314 16	437,971 17	941,475 12	
41,332 51	41,332 51	82,665 02	250,265 97	
483,471 85	38,399 »	521,870 85	1,109,169 82	
23,336 »	5,352 »	28,688 »	92,490 29	
3,335 20	3,335 19	6,670 39	12,346 39	
…305,777 59	173,421 50	1,479,199 09	3,206,989 50	

…ES.

Caisses particulières de secours.	TOTAL GÉNÉRAL.	AVOIR au 1er janvier 1872.	CHARGES au 1er janvier 1872.	Observations.
Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	
348,448 20 (2)	757,724 58	1,175,701 67	392,454 »	(1) Subventions à des écoles de porions et de machinistes.
436,635 54	973,212 64	2,022,049 54	425,315 »	(2) Il a été dépensé, en outre, sur les deniers propres des Sociétés : 16,788 francs 43 c. pour l'instruction des enfants d'ouvriers ; 5,400 francs accordés aux petites sœurs des pauvres de Jemmapes ; 83 francs 50 c aux familles des miliciens rappelés sous les drapeaux ; ensemble, 22,271 francs 93 c.
89,899 13	228,059 72	495,467 79	132,270 »	
524,679 14	1,038,802 66	1,416,317 53	340,317 60	
24,054 »	94,669 96	278,691 »	46,268 »	
7,035 43	14,632 03	24,425 04	7,059 15	
…430,751 44	3,107,101 59	5,412,652 57	1,343,683 75	

MÉLANGES.

I. Statistique des télégraphes belges en 1872.

Correspondance à l'intérieur du pays.

	NOMBRE DE TÉLÉGRAMMES.	RECETTES. Fr.
En 1871.	1,560,673	856,583
En 1872.	1,589,344	867,448 25
En plus. .	28,671	10,865 25
Soit. . .	2 p. %	1 1/4 p. %

Nous avons compris, sous la dénomination de télégrammes *complexes*, toutes les correspondances qui comportent une ou plusieurs opérations accessoires donnant lieu à surtaxe. Voici le relevé de ces télégrammes en 1871 et 1872 :

TÉLÉGRAMMES COMPLEXES :		NOMBRE DE TÉLÉGRAMMES. 1872	1871	DIFFÉRENCES en plus.	en moins.
Enregistrés	par des particuliers . . .	282	126	156	»
	dépêches d'État	4,148	4,894	»	746
Multiples. .	réexpéditions .	11	24	»	13
	copies . . .	391	919	»	528
Dépêches - mandats (Envois d'argent)		9,861	8,584	1,277	»
Avec réponses payées . . .		57,952	50,204	7,748	»
Exprès affranchis par l'expéditeur		5,779	5,073	706	»
Exprès payés par le destinataire		16,067	15,996	71	»
Accusés de réception . . .		67	11	56	»
Recommandation (1).	texte clair . .	327	972	»	645
	chiffre secret .	»	6	»	6
	langage secret.	»	7	»	7
Collationnement (2). . . .		103	»	103	»
Urgence. .	de jour . . .	26,135	20,713	5,422	»
	de nuit . . .	4,612	3,655	957	»

Par suite de l'application des règles de la convention de Rome au service intérieur, à partir du 1er juillet 1872, quelques-unes des opérations accessoires mentionnées dans ce relevé ont changé de caractère.

La *recommandation* comportait le collationnement du télégramme recommandé, plus un avis de la remise au destinataire, c'est-à-dire un accusé de réception. En recommandant sa dépêche, l'expéditeur désirait tantôt le collationnement, tantôt l'accusé de réception. Parfois même il comptait sur une transmission plus prompte, c'est-à-dire qu'il croyait obtenir l'urgence. En faisant disparaître le terme *recommandé*, dont la signification n'était pas définie, la conférence de Rome a maintenu le collationnement seul et en a réduit la surtaxe à la moitié de la taxe du télégramme.

En Belgique le *collationnement* ne coûte plus que 25 centimes. On ne l'a demandé que 102 fois pendant les six derniers mois de 1872, tandis qu'il y avait eu 972 recommandations en 1871 et 327 pendant le 1er semestre de 1872. D'un autre côté, il y a eu 6 accusés de réception pen-

(1) La recommandation ne s'applique qu'au 1er semestre.
(2) Le collationnement ne se rapporte qu'au 2me semestre.

dant le 1er semestre et 61 pendant les six derniers mois, total : 67. Il y en avait eu 11 en 1871. Le mouvement général étant à peu près égal, on peut estimer approximativement que, sur 1,000 expéditeurs recommandant leurs télégrammes, il y en avait 200 qui voulaient le collationnement et 110 qui désiraient l'accusé de réception, les autres se figurant à tort que la recommandation leur assurerait une transmission plus rapide.

Autrefois, la recommandation était obligatoire pour les télégrammes en langage secret et cette obligation s'appliquait de droit, sinon toujours en fait, aux correspondances en langage convenu ou contenant des groupes de lettres et de chiffres inintelligibles pour le bureau d'origine. Cette obligation a cessé depuis le 1er juillet 1872, et l'on aurait pu croire qu'il en résulterait un emploi fréquent du langage secret, puisqu'il peut être employé sans surtaxe. Le compte des télégrammes secrets a été fait parmi les 157,090 dépêches qui ont éte déposées aux bureaux belges, pour toutes destinations, pendant le mois de décembre 1872. Il y a eu, dans ce nombre :

3 dépêches d'État chiffrées ;
2 télégrammes privés en lettres secrètes ;
30 » » rédigés en langage convenu ;
1,004 » » contenant des groupes de chiffres qui ne se rapportaient pas clairement au sens de la dépêche.

En tout, 1,039 télégrammes secrets sur 157,090, soit un peu moins que 7 pour 1,000.

De même que précédemment, l'*enregistrement* est appliqué d'office aux dépêches d'État, aux télégrammes collationnés, urgents, avec réponse payée ou accusé de réception. Les autres télégrammes sont enregistrés à la demande de l'expéditeur, moyennant une surtaxe autrefois de 50 centimes, actuellement réduite à 25 centimes.

Les télégrammes enregistrés sont inscrits dans un registre, avec un numéro d'ordre, et reçu en est donné à l'expéditeur sur sa demande. Ils sont classés et conservés pendant dix-huit mois dans les archives, tandis que ce délai est réduit à six mois pour les télégrammes ordinaires.

Il y avait eu 126 télégrammes enregistrés *moyennant surtaxe* en 1871. Il y en a eu 51 pendant les six premiers mois de 1872 et 231 du 1er juillet au 31 décembre de la même année.

En comptant les enregistrements d'office, il y a en tout 700 télé-

grammes enregistrés sur 10,000. Ils sont répartis comme il suit :

Dépêches d'État		27
Télégrammes avec réponse payée		374
»	» collationnement	1
»	» accusé de réception	1
»	» exprès payé	37
»	urgents	197
»	dont l'expéditeur a demandé reçu	2
»	mandats d'argent	61
	Ensemble	700

Le petit nombre des dépêches secrètes et des surtaxes payées pour enregistrement, accusé de réception et collationnement est une preuve incontestable de la confiance que le service des télégraphes inspire au public, au point de vue de l'ordre, de l'exactitude et de la discrétion.

Tout expéditeur peut, en ajoutant 50 centimes, obtenir, par voie télégraphique, la preuve que son correspondant a reçu le télégramme, avec l'heure de la remise à domicile. Cette preuve est demandée 67 fois sur 1,589,000 télégrammes, pour toute l'année 1872.

Pour 25 centimes, il obtient le collationnement, c'est-à-dire des garanties spéciales d'exactitude et, en cas d'erreur, le remboursement de la taxe complète. Ces garanties sont demandées 103 fois sur 876,541 télégrammes, pendant le second semestre.

L'enregistrement et le reçu, moyennant la même surtaxe de 25 centimes, sont demandés 231 fois, également sur 876,541 télégrammes.

Enfin le langage secret, sous toutes les formes, peut être employé sans surtaxe et il n'y a, sur 157,000 télégrammes, que 32 dépêches privées en chiffres ou en langage convenu, plus 1,004 télégrammes contenant des nombres ou groupes de chiffres dont la signification commerciale ou autre n'est pas clairement indiquée.

Correspondances internationales.

Cette dénomination comprend tous les télégrammes échangés entre un bureau belge et un bureau étranger. Le relevé suivant indique, pour chaque relation, le nombre de télégrammes dans les deux sens et la somme des parts de taxe revenant au réseau belge, avec l'augmentation obtenue en 1872 relativement à 1871.

RELATIONS TÉLÉGRAPHIQUES de la Belgique AVEC LES PAYS CI-DESSOUS.	NOMBRE DE TÉLÉGRAMMES				RECETTES AU PROFIT DU RÉSEAU BELGE			
	En 1871.	En 1872.	Différences.	Taux p. %.	En 1871.	En 1872.	Différences.	Taux p. %.
Pays-Bas.	120,183	114,959	—5,144	— 4½	129,329 02	118,178 93	—11,150 09	— 8½
Royaume-Uni (Gr.-Bret., Irlande) .	119,223	110,418	—8,805	— 7½	149,350 85	124,568 85	—24,782 »	—16½
France	153,977	185,144	+31,167	+ 20	178,346 29	205,017 91	+26,671 62	+15
Grand-Duché de Luxembourg . .	13,624	10,762	—2,862	— 21	13,373 50	10,456 79	— 2,916 71	—22
Empire d'Allemagne	153,709	150,310	—3,399	— 2	165,975 »	152,598 »	—13,377 »	— 8
Autriche-Hongrie.	35,287	30,490	—4,797	—13½	43,444 52	34,612 50	— 8,832 02	—20½
Suisse	12,799	8,505	—4,294	—33½	15,831 37	9,423 51	— 6,407 86	—40½
Italie et Malte	12,300	11,187	—1,113	— 9	13,658 24	12,225 06	— 1,433 18	—10½
Espagne et Portugal	4,195	4,956	+ 761	+ 18	5,580 36	5,742 28	+ 161 92	+ 3
États Scandinaves (Danem., Suède, Norw.)	15,004	12,230	—2,774	—18½	18,199 »	14,098 »	— 4,101 »	—22½
Russie	13,508	12,614	— 894	— 6½	17,729 50	15,220 50	— 2,509 »	—14
Servie, Roumanie, Turquie, Grèce.	4,955	4,375	— 580	—11½	5,988 »	5,485 75	— 502 25	— 8½
Asie-Mineure, Perse, Indes . . .	294	358	+ 64	+ 22	378 75	422 45	+ 43 70	+11½
Afrique (Égypte, Algérie)	214	170	— 44	— 20½	274 50	194 36	— 80 14	—29
Amérique	3,626	4,045	+ 419	+ 11½	4,391 50	4,868 64	+ 477 14	+11

Correspondances en transit.

Pendant une partie de l'année 1871, les correspondances des Pays-Bas avec la France et les pays au-delà avaient dû prendre des voies détournées. D'autres transits qui, en temps ordinaire, suivent la voie de France, avaient été détournés par la Belgique.

Un effet contraire s'est produit en 1872. Les correspondances par la France se sont développées et il y a réduction sur les autres transits. La compensation est à peu près exacte quant au nombre de télégrammes. Il n'en est pas de même pour la recette qui a subi une réduction notable à l'article le plus important, c'est-à-dire sur le transit en Belgique des correspondances échangées entre l'Angleterre et l'Allemagne. Cela provient de l'abaissement de la part belge qui, pour une partie de ce transit, était autrefois de fr. 1 50 et qui a été réduite à 1 fr. à partir du 1er juillet 1872.

TRANSIT PAR LA BELGIQUE DES CORRESPONDANCES TÉLÉGRAPHIQUES échangées PAR LES PAYS CI-DESSOUS.	NOMBRE DE TÉLÉGRAMMES				RECETTES AU PROFIT DU RÉSEAU BELGE			
	En 1870.	En 1871.	Différences.	Taux p. %.	En 1870.	En 1871.	Différences.	Taux p. %
					Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	
Entre l'Angleterre et l'Allemagne, aboutissants compris	83,885	75.794	— 8,091	— 9 ½	146,177 42	103,070 46	—43,106 96	—29 ½
Entre les Pays-Bas et la France . .	25,948	44,317	+18,369	+ 71	34,168 83	58,282 67	+24,113 84	+70 ½
Entre les Pays-Bas et la Suisse . .	1,599	7.336	+ 5,737	+359	911 75	4,219 87	+ 3,307 32	+362
Entre les Pays-Bas et l'Italie . . .	2,710	7,710	+ 5,006	+184	1,432 41	3,934 04	+ 2,501 63	+174
Entre les Pays-Bas, l'Espagne et le Portugal	2,988	6,177	+ 3,189	+106	2,724 06	5,789 02	+ 3,064 96	+112
Autres transits (1)	39,645	16,162	—23.483	— 59	44,357 20	17,374 86	—26,982 34	— 61

(1) Entre le Grand-Duché de Luxembourg, d'une part, et les Pays-Bas ou l'Angleterre, d'autre part, entre la France et l'Allemagne Nord-Ouest, plus certains télégrammes détournés de leur voie habituelle par suite d'interruption ou d'encombrement.

Récapitulation.

	Nombre de télégrammes.		
	1870.	1871.	1872.
Entre deux bureaux belges *(service intérieur)* . .	1,343,118	1,560,673	1,589,344
Entre un bureau belge et un bureau étranger *(service international)* . .	507,446	662,818	660,523
Entre deux bureaux étrangers *(service de transit)*.	147,848	156,775	157,496
TOTAUX. . .	1,998,412	2,380,266	2,407,363

	Recettes au profit du réseau belge.					
	1870.		1871.		1872.	
	Fr.	c.	Fr.	c.	Fr.	c.
Service intérieur . .	744,641	»	856,583	»	867,448	25
Service international.	588,161	40	761,850	40	713,113	53
Service de transit .	221,259	17	229,771	67	192,670	12
TOTAUX.	1,554,061	57	1,848,205	07	1,773,231	90

	Produit moyen par télégramme.		
	1870.	1871.	1872.
Service intérieur . .	» 55 ½	» 55	» 54 ½
Service international.	1,16	1,15	1,08
Service de transit .	1,49 ½	1,46 ½	1,22 ½
MOYENNES GÉNÉRALES. .	» 78	» 77 ½	» 73 ½

En 1871, la proportion moyenne des télégrammes, d'après leur objet, a été observée comme il suit :

	CORRESPONDANCES TÉLÉGRAPHIQUES		
	à l'intérieur.	avec l'étranger.	ensemble.
Communications des gouvernements et des offices diplomatiques	» 1/4	» 1/2	» 3/8
Nouvelles de bourse	4 3/4	10 1/2	7 5/8
Transactions commerciales	38 1/2	53 3/4	46 1/8
Relations privées et de famille	55 1/4	33 1/2	44 3/8
Nouvelles pour les journaux.	1 1/4	1 3/4	1 1/2
	100	100	100

Voici le relevé complet des timbres-télégraphe débités et utilisés depuis l'institution de ce mode d'affranchissement :

	VALEURS. Fr.	c.
Débité du 1er décembre 1865 au 31 décembre 1866.	536,057	»
Annulé après affranchissement, même période . . .	511,255	50
Restait en circulation au 1er janvier 1867	24,801	50
Débité en 1867	599,731	»
TOTAL. .	624,532	50
Annulé, après affranchissement en 1869	594,787	»
Restait en circulation au 1er janvier 1868.	29,745	50
Débité en 1868	707,174	50
TOTAL. .	736,920	»
Utilisé en 1868	704,141	»
Restait en circulation au 1er janvier 1869.	32,779	»
Débité en 1869.	785,279	»
TOTAL. .	818,058	»
Utilisé en 1869	776,892	50
Restait en circulation au 1er janvier 1870.	41,165	50
Débité en 1870	946,748	50
TOTAL. .	987,914	»

	Valeurs. Fr.	c.
Utilisé en 1870	931,720	50
Restait en circulation au 1er janvier 1871	56,193	50
Débité en 1871	1,147,374	50
Total. .	1,203,568	»
Utilisé en 1871	1,136,121	»
Restait en circulation au 1er janvier 1872.	67,447	»

Débité en 1872, savoir :

					Fr.	c.	Fr.	c.
302,367	formules timbrées, valeur.				151,183	50		
70,896	timbres adhésifs de 25 c. id.				17,724	»		
1,288,642	id.	id.	50 c.	id.	644,321	»		
677,463	id.	id.	1 fr.	id.	677,463	»		
36,002	id.	id.	5 »	id.	180,010	»		
	Valeur totale						1,670,701	50
	Total.						1,738,148	50
Utilisé en 1872							1,650,168	25
Restait en circulation au 1er janvier 1873							87,980	25

Les timbres-télégraphe de 25 c. ont été émis le 1er juillet et les timbres de 5 fr. le 15 août 1872. Depuis lors, l'affranchissement est devenu obligatoire pour toutes les correspondances télégraphiques, indistinctement.

Classement des bureaux télégraphiques belges par ordre d'importance, au point de vue des télégrammes privés, au départ.

1	Bruxelles.	544,966	34	La Louvière . . .	7,223
2	Anvers	243,786	35	St-Trond.	6,808
3	Liége.	108,120	36	Nivelles.	6,776
4	Gand	90,676	37	Couillet	6,464
5	Verviers	40,270	38	Leuze	6,426
6	Charleroi.	38,185	39	Braine-le-Comte.	6,357
7	Mons.	36,408	40	Grammont	6,333
8	Louvain	36,039	41	Dinant	6,328
9	Ostende	33,687	42	Jemmapes	6,102
10	Namur	31,663	43	Seraing.	6,083
11	Bruges	30,291	44	Lodelinsart. . . .	5.497
12	Tournai	27,936	45	Waremme	5,448
13	Courtrai	27,087	46	Turnhout	5,334
14	Malines.	16,804	47	Gilly	5,185
15	Spa.	16,543	48	Tongres	5,183
16	Alost	14,867	49	Diest	4,919
17	Huy	13,568	50	Chênée.	4,913
18	Marchiennes . . .	12,337	51	Renaix	4,616
19	Châtelineau . . .	11,718	52	Soignies	4,576
20	Mouscron	11.626	53	Lokeren	4,575
21	Ypres.	9,250	54	Haine-St-Pierre .	4,548
22	Termonde	9,171	55	Manage.	4,417
23	St-Ghislain . . .	8,498	56	Menin	4,347
24	Binche	8,368	57	Wavre	4,301
25	Arlon.	8,315	58	Lierre.	4,246
26	Roulers	8,248	59	Gembloux	4,243
27	Hasselt	8,216	60	Chimay.	4,074
28	Quiévrain	8,130	61	Roux.	4,070
29	St-Nicolas	7,889	62	Audenarde	4,064
30	Ath	7,846	63	Tamise.	3,867
31	Blankenberghe. .	7,798	64	Hal.	3,818
32	Gosselies.	7,789	65	Andenne	3,780
33	Tirlemont	7,267	66	Vilvorde	3,779

67	Boussu	3,537	104	Eecloo	2,158
68	Enghien	3,461	105	Feluy-Arquennes	2,152
69	Landen.	3,430	106	Brugelette	2,136
70	Péruwelz.	3,313	107	Dour	2,130
71	Selzaete	3,293	108	Willebroeck . . .	2,118
72	Erquelinnes . . .	3,236	109	Aerschot	2,082
73	Jodoigne	3,178	110	Tubize	2,059
74	Houdeng.	3,134	111	Blaton	2,038
75	Boom.	3,123	112	Thielt	2,015
76	Fleurus.	3,092	113	Antoing	1,991
77	Lessines	3.040	114	Quaregnon. . . .	1,986
78	Thuin	2,981	115	Ottignies.	1,968
79	Écaussines	2,980	116	Deynze.	1,963
80	Acoz	2.857	117	Trazegnies	1,962
81	Pepinster.	2,798	118	Virton	1,955
82	Mariemont. . . .	2,788	119	Berzée	1,948
83	Furnes	2,767	120	Visé	1,945
84	Morlanwelz . . .	2,757	121	Beaumont	1,876
85	Dolhain.	2,749	122	Ensival	1,876
86	Nieuport	2,674	123	Walcourt.	1,863
87	Fontaine-l'Évêque	2,632	124	Ans	1,827
88	Jumet	2,585	125	Wervicq	1,785
89	Beverloo	2,568	126	Laeken	1,766
90	Ruysbroeck . . .	2.568	127	Bracquegnies. . .	1,762
91	Tamines	2,517	128	Haerlebeke. . . .	1,754
92	Ninove	2,486	129	Genappe	1,748
93	Poperinghe. . . .	2,461	130	Hannut.	1,736
94	Thourout	2,417	131	Fosses	1,731
95	Dixmude	2,409	132	Hérenthals	1,731
96	Ciney.	2,399	133	Rochefort	1,699
97	Jemeppe	2,355	134	Merbes-le-Château	1.692
98	Frameries	2,342	135	Farciennes	1,691
99	Marche.	2,332	136	Blandain	1,690
100	Wetteren.	2,265	137	Herbesthal. . . .	1.668
101	Berchem-lez-Anv.	2.232	138	Philippeville . . .	1,636
102	Bastogne.	2,175	139	Mariembourg . .	1,627
103	Tilleur	2,167	140	Stavelot	1,618

141	Perwez.	1,612	178	Eghezée	1,300
142	Lichtervelde . . .	1,610	179	Momignies. . . .	1,289
143	Beauraing	1,606	180	Zele	1,289
144	Lembecq	1,605	181	Mont-St-Guibert.	1,274
145	Maeseyck.	1,587	182	Solre-sur-Sambre	1,264
146	Dison.	1,573	183	Bouillon	1,255
147	Trooz	1,573	184	Sclaigneaux . . .	1,235
148	Seneffe	1,565	185	Looz	1,203
149	Brée	1,564	186	Yvoir.	1,186
150	Auvelais	1,551	187	Athus.	1,180
151	Vielsalm	1,541	188	Florennes	1,180
152	Jupille	1,530	189	Belœil	1.179
153	Wasmes	1,513	190	Ingelmunster. . .	1,174
154	Neufchâteau . . .	1,494	191	Le Rœulx.	1,163
155	Iseghem	1,481	192	Marbehan	1,157
156	Couvin	1,478	193	Nessonvaux . . .	1,157
157	Flénu.	1,448	194	Waterloo	1,150
158	Hamme	1,441	195	Beveren	1,140
159	Marbais	1,417	196	Sombreffe	1,120
160	Jemelle.	1,412	197	Bascoup	1,113
161	Ougrée	1,412	198	St-Bernard. . . .	1,103
162	Lanaeken.	1,410	199	Jauche	1,095
163	Herve	1,392	200	Braine-l'Alleud. .	1,093
164	Cappellen	1,388	201	Obourg.	1,051
165	Comines	1,388	202	Moerbeke	1,041
166	Sottegem.	1,388	203	La Roche	1,039
167	La Sambre. . . .	1,382	204	Cerfontaine. . . .	1,004
168	Floreffe.	1.380	205	Lanklaer	1,002
169	Flémalle	1,369	206	Uccle	996
170	Vieux-Dieu . . .	1,369	207	Poix	994
171	Quévy	1,358	208	Waereghem . . .	994
172	Moustier	1,354	209	St-Hubert	992
173	Saventhem	1,352	210	Lillo	987
174	Chaudfontaine . .	1,322	211	Heyst.	986
175	Bas-Oha	1,310	212	Court-St-Étienne.	984
176	Paturages	1,309	213	Pommerœul . . .	982
177	Piéton	1,306	214	Jurbise	978

215	Luttre	975	252	Wespelaer	800
216	Boitsfort	959	253	Gouy-lez-Piéton .	799
217	Longlier	956	254	Aubel.	784
218	Avelghem	950	255	Frasnes.	781
219	Amay.	949	256	Libramont	777
220	Lobbes.	947	257	Harmignies . . .	775
221	Thulin	944	258	Tervueren	773
222	Ternath	941	259	Anseghem	765
223	Bloemendael . . .	933	260	Bleyberg	754
224	Comblain-au-Pont	927	261	Esschen	750
225	Denderleeuw. . .	923	262	La Hulpe.	738
226	Fexhe-le-h.-Cloch.	919	263	Pont-à-Celles . .	737
227	Florenville	916	264	St-Denis-Bovesse	724
228	Contich.	912	265	Ghistelles	719
229	Basècles	901	266	Lincent.	717
230	Estinnes-Haulchin	898	267	Léau	714
231	Taviers.	897	268	Buggenhout . . .	705
232	Engis.	889	269	Hoogstraeten. . .	704
233	Duffel	887	270	Paliseul	701
234	Gheel.	882	271	Burdinne.	696
235	Heer-Agimont . .	881	272	Wellin	695
236	Moll	875	273	Houffalize	689
237	Brasschaet	870	274	Hennuyères . . .	688
238	Rance.	868	275	Ham-sur-Heure .	685
239	Lens	860	276	Marloie.	683
240	Theux	860	277	Grupont	680
241	Assesse.	858	278	St-Léger	679
242	Orp-le-Grand . .	858	279	Wandre	677
243	Hastières.	855	280	Argenteau	675
244	Baudour	854	281	Marche-l.-Écaus.	671
245	Aywaille	839	282	Esneux	670
246	Ramillies.	833	283	Hougaerde. . . .	669
247	Aeltre.	830	284	Grez-Doiceau . .	661
248	Namêche	830	285	Melle	660
249	Nechin	828	286	Neerpelt	658
250	Gastuche	826	287	Puers.	658
251	Nimy	807	288	Wychmael	650

289	Beeringen	645	326	Eerneghem. . . .	552
290	Basel	643	327	Doische	549
291	Loth	637	328	Villers-la-Ville . .	545
292	Wevelghem . . .	635	329	Melreux	543
293	Londerzeel. . . .	631	330	Vierves.	539
294	Assche	630	331	Bassilly	536
295	Sweveghem . . .	628	332	Heyst-op.-d.-Berg	536
296	Gerpinnes	627	333	Callenelle	532
297	Celles.	623	334	Meulebeke	531
298	Vlamertinghe . .	623	335	Bomal	529
299	Bonne-Espérance	622	336	Ligne.	526
300	Esemael	619	337	Adinkerke	525
301	Landeghem . . .	613	338	Cappelle-au-Bois.	522
302	Habay-la-Neuve .	612	339	Dottignies	522
303	Hamoir.	610	340	Saintes	522
304	Rhisnes	604	341	Maldeghem. . . .	513
305	Havelange	663	342	Sivry	509
306	Bertrix	601	343	Audeghem	504
307	Chastre.	601	344	Westmeerbeek. .	504
308	Jambes.	597	345	Wolverthem . . .	504
309	Anthée	594	346	Havré.	500
310	Messancy	592	347	Wygmael.	500
311	Marche-l.-Dames	590	348	Bilsen	498
312	Plasschendael . .	585	349	Roclenge.	495
313	Oret	584	350	Silenrieux	490
314	Barvaux	582	351	Sterpenich	489
315	La Buissière . .	582	352	Calmpthout . . .	486
316	Montigny-s.-Sam.	580	353	Oostcamp	486
317	Herstal.	579	354	Hyon-Ciply . . .	480
318	Cortenberg. . . .	577	355	Cronfestu.	478
319	Buysinghen . . .	570	356	Jabbeke	473
320	Modave.	569	357	Oostmalle	473
321	Sichem	569	358	Braine-le-Château	466
322	Gedinne	567	359	Boisschot.	463
323	Groenendael . . .	567	360	Comblain-la-Tour	463
324	Westerloo	562	361	Rousbrugge . . .	463
325	Leuze-Longcham.	561	362	Barry-Maulde . .	462

363	Haeren	462	400	Terdonck.	335
364	Lede	456	401	Tronchiennes . .	332
365	Mettet	456	402	Glons.	331
366	Moorslede	454	403	Haversin	330
367	Habay (station). .	453	404	Nederzwalm . . .	330
368	Terwagne	453	405	Nandrin	329
369	Templeuve. . . .	449	406	Godinne	328
370	Vaulx.	441	407	Villers-la-Tour. .	324
371	Aye.	438	408	Martelange. . . .	323
372	Familleureux. . .	437	409	Liers	322
373	Champlon	432	410	Kermpt.	319
374	Lustin	431	411	Bois-du Luc . . .	316
375	Oostvleteren . . .	420	412	L'Abeele	315
376	Bousval	417	413	Eyne	314
377	Ghislenghien. . .	411	414	Montzen	313
378	Fléron	409	415	Flawinne.	311
379	Bornhem.	405	416	Amougies	308
380	Tilff	401	417	Étalle.	307
381	Jette-St-Pierre. .	399	418	Peer	299
382	Orroir	399	419	Romedenne . . .	297
383	Vedrin	389	420	Hoboken.	291
384	Warneton	387	421	Olsene	288
385	Cruyshautem . .	384	422	Ligny.	285
386	St-Lambert. . . .	381	423	Rixensart.	284
387	Lierde-Ste-Marie.	378	424	Hansbeke	282
388	St-Gilles-Waes .	378	425	Synghem	281
389	Rotselaer.	370	426	Dave	278
390	Weert-St-Georges	370	427	Jamoigne.	278
391	Schuelen	366	428	Frasnières	276
392	Berlaer.	363	429	Merxem	276
393	Hamme-Mille . .	362	430	Jamioulx	275
394	Gavre.	361	431	Landelies.	270
395	Forchies	360	432	Somergem	270
396	Balgerhoecke . .	355	433	Sleydinge.	264
397	Ardennes.	352	434	Tête-de-Flandre .	259
398	Angleur	339	435	Scheldewindeke .	257
399	Achel.	337	436	Bouchout.	254

437	Poulseur	253	468	Baelegem.	147
438	Machelen.	252	469	Villers-le Gambon	145
439	Haeltert	245	470	Hansinnes	144
440	Borsbeek - Wom.	242	471	La Clinge.	143
441	Naninne	240	472	Moortzele	143
442	Barse.	339	473	Weerde.	138
443	Schellebelle . . .	239	474	Morhet.	137
444	Vertryck	239	475	Zonhoven	135
445	Fraire	237	476	Le Bruly.	132
446	Nordewyck-Mor.	226	477	Desselghem . . .	132
447	Micheroux	223	478	Merlemont. . . .	122
448	Waerschoot . . .	223	479	Étichove	116
449	Herzele.	222	480	Milmort	110
450	Moresnet.	221	481	La Pinte	104
451	Burst.	220	482	St-Denis-Westrem	101
452	Gammerages. . .	217	483	Beverst.	100
453	Le Touquet . . .	211	484	Corbeek-Loo . .	99
454	Vichte	211	485	Boussu-en-Fagne	97
455	Wilryck	208	486	Erwetegem. . . .	95
456	Munsterbilsen . .	201	487	Aublain.	92
457	Rocour.	199	488	Diepenbeek . . .	90
458	Deurle	198	489	Agimont	84
459	Sibret.	197	490	Havinnes. . . .	84
460	Anvaing	195	491	Weelde-Merxplas	82
461	Helchteren. . . .	185	492	Wideumont Berc.	81
462	Pavillons (Stave).	184	493	Romerée	71
463	Peissant	177	494	Matagne - la - Gr.	66
464	Natoye	160	495	Morialmé.	51
465	Eecke.	153	496	Bernimont	40
466	Hoesselt	151	497	Landscauter . . .	35
467	Les Amerois . . .	147	498	Lompret	30

Répartition du travail entre les divers bureaux d'une même localité ou circonscription.

		Nombre de télégrammes expédiés.
Bruxelles	(Station du Nord)	148,523
Id.	(Ministère des Travaux publics)	31,851
Id.	(Station du Midi)	30,468
Id.	(Palais législatif)	22,291
Id.	(Station du Luxembourg)	19,460
Bureaux de dépôt :	Poste centrale	42,465
Id.	Bourse	28,210
Id.	Bureau central des omnibus	18,457
Id.	Ixelles	13,008
Id.	Molembeek	11,311
Id.	Rue des Chartreux	8,382
Id.	Saint-Josse-ten-Noode	7,490
Id.	Saint-Gilles	3,305
Id.	Rue Rogier	807
Id.	Rue de la Loi	364
Id.	Schaerbeek (r. de Beughem)	362
Id.	Josaphat	135
Id.	Rue des Palais	118
Id.	Chaussée de Louvain	115
Id.	Cureghem	56
Id.	Schaerbeek	55
Id.	Dielbeek	30
Id.	Haeren	10
Id.	Forest	9
Id.	Velthem-Beyssem	7
Id.	Bodeghem-Saint-Martin	1
	Total des télégrammes expédiés	387,470
	Télégrammes en transit	157,496
	TOTAL	544,966

	Nombre de télégrammes expédiés.
Anvers (Bourse)	148,069
Id. (Station)	48,751
Id. (Escaut)	46,961
Dépôt: Berchem (Poste)	2
Id. Id. (Station)	2
Id. Oostmalle	1
TOTAL	243,786
Liége (Central)	69,330
Id. (Guillemins)	25,048
Id. (Longdoz)	9,470
Id. (Haut-Pré)	2,410
Id. (Vivegnies)	1,577
Bureaux de dépôt: Liége (Outre-Meuse)	284
Id. Fléron	1
TOTAL	108,120
Gand (Bourse)	42,571
Id. (Station)	33,349
Id. (Waes)	4,664
Id. (Eecloo)	1,808
Dépôt: Poste Saint-Sauveur	5,861
Id. Faubourg de Bruges	2,340
Id. Wondelghem	67
Id. Ledeberg	10
Id. Evergem	3
Id. Loo-Christy	2
Id. Bellem	1
TOTAL	90,676
Verviers	33,687
Dépôt: Verviers (Récollets)	6,583
TOTAL	40,270
Charleroi	37,056
Id. (Ville-Haute)	1,129
TOTAL	38,185

		Nombre de télégrammes expédiés.
Mons		19,990
Dépôt : Mons (Poste)		16,415
Id.	Cuesmes-Trieu	2
Id.	Jemmapes-Produits	1
	Total	36,408
Louvain		25,551
Dépôt : Louvain (Poste)		10,222
Id.	Id. (Succursale)	246
Id.	Velthem-Beyssem	8
Id.	Bortmeerbeek	7
Id.	Winghe-Saint-Georges	4
Id.	Hamme-Mille	1
	Total	36,039
Ostende		19,503
Dépôt : Ostende (Poste)		14,184
	Total	33,687
Namur		23,688
Dépôt : Namur (Poste)		7,964
Id.	Flawinne	11
	Total	31,663
Bruges		22,624
Dépôt : Bruges (Poste)		7,613
Id.	Id. (Bassin)	46
Id.	Oostcamp	7
Id.	Westcapelle	1
	Total	30,291
Tournai		27,912
Dépôt : Taintegnies		17
Id.	Havinnes	7
	Total	27,936
Courtrai		27,076
Dépôt : Lauwe		9
Id.	Vichte	2
	Total	27,087

	Nombre de télégrammes expédiés.	
Malines	16,746	16,804
Dépôt : Malines (Poste)	29	
Id. Hombeek	16	
Id. Bortmeerbeek	4	
Id. Malderen	4	
Id. Schaerbeek	2	
Id. Wavre-Ste-Catherine	2	
Id. Weerde	1	
Spa (Poste)	14,171	16,543
Id. (Station)	2,372	
Alost	14,806	14,867
Dépôt : Erembodeghem	58	
Id. Gyseghem	3	
Huy	13,565	13,568
Dépôt : Warnant-Dreye	3	
Mouscron	11,613	11,626
Dépôt : Mouscron	10	
Id. Lauwe	3	
Ypres	9,224	9,250
Dépôt : Neuve-Église	11	
Id. Messines	7	
Id. Merckem	6	
Id. Ypres	2	
Termonde	9,164	9,171
Dépôt : Malderen	7	
St.-Ghislain	8,479	8,498
Dépôt : Baudour	19	
Binche (Poste)	5,529	8,368
Id. (Station)	2,839	
Arlon	8,174	8,315
Dépôt : Fouches	106	
Id. Arlon	20	
Id. Autel-Bas	13	
Id. Lavaux	2	
Hasselt (Poste)	6,338	8,216
Id. (Station)	1,877	
Dépôt : Oreye	1	
Quiévrain	8,129	8,130
Dépôt : Roisin	1	

	Nombre de télégrammes expédiés.	
St-Nicolas	7,818	7,889
Dépôt : St-Nicolas	71	
Ath	7,799	7,846
Dépôt : Rebaix	45	
Id. Chièvre-Attre	2	
Gosselies (Poste)	4,703	7,789
Id. (Station)	3,086	
Tirlemont	7,222	7,267
Dépôt : Tirlemont	45	
St-Trond (Poste)	4,760	6,808
Id. (Station)	2,048	
Nivelles	6,722	6,776
Dépôt : Nivelles	54	
Braine-le-Comte	6,344	6,357
Dépôt : Rebecq-Rognon	12	
Id. Familleureux	1	
Grammont	6,185	6,333
Dépôt : Acren	101	
Id. Gammerages	24	
Id. Santbergen	20	
Id. Hérinnes	3	
Dinant (Poste)	5,680	6,328
Id. (Station)	647	
Dépôt : Ardennes	1	
Seraing	6,038	6,083
Dépôt : Seraing	45	
Lodelinsart	4,142	5,497
Dépôt : Lodelinsart	1,355	
Waremme	5,327	5,448
Dépôt : Rosoux-Goyer	81	
Id. Gingelom	28	
Id. Remicourt	12	
Turnhout	5,323	5,334
Dépôt : Arendonck	10	
Id. Turnhout	1	
Tongres (Poste)	3,341	5,183
Id. (Station)	1,842	

	Nombre de télégrammes expédiés.	
Diest (Poste)	4,563	4,919
Id. (Station)	339	
Dépôt : Tessenderloo	17	
Soignies	4,561	4,576
Dépôt : Neufvilles	15	
Manage	4,397	4,417
Dépôt : Familleureux	20	
Lierre	4,077	4,246
Dépôt : Lierre	148	
Id. Bouwel	20	
Id. Oostmalle	1	
Audenarde	4,044	4,064
Dépôt : Eyne	17	
Id. Synghem	2	
Id. Leupeghem	1	
Hal	3,816	3,818
Dépôt : Brages	2	
Vilvorde	3,741	3,779
Dépôt : Haeren	32	
Id. Schaerbeek	6	
Enghien	3,416	3,461
Dépôt : Gammerages	23	
Id. Rebecq-Rognon	12	
Id. Hérinnes	10	
Landen	3,294	3,430
Dépôt : Gingelom	81	
Id. Rosoux-Goyer	55	
Péruwelz	3,307	3,313
Dépôt de Péruwelz	6	
Selzaete	3,289	3,293
Dépôt : Assenede	4	
Jodoigne	3,119	3,178
Dépôt : Huppaye	38	
Id. Jodoigne	21	
Lessines	2,913	3,040
Dépôt : Acren	109	
Id. Rebaix	17	
Id. Flobecq	1	

	Nombre de télégrammes expédiés.	
Écaussines	2,970	2,980
Dépôt : Familleureux	10	
Furnes	2,764	2,767
Dépôt : Alveringhen	2	
Id. Furnes	1	
Nieuport (Station)	2,284	2,674
Id. (Bains)	390	
Ruysbroeck	2,558	2,568
Dépôt : Forest	10	
Ninove	2,450	2,486
Dépôt : Santbergen	29	
Id. Okegem	7	
Dixmude	2,407	2,409
Dépôt : Merckem	2	
Ciney	2,338	2,399
Dépôt de Ciney	61	
Frameries	2,340	2,342
Dépôt de Frameries	2	
Marche (Poste)	2,328	2,332
Dépôt de Marche (Station)	4	
Wetteren	2,216	2,265
Dépôt : Quatrecht	49	
Bastogne	1,227	2,175
Dépôt de Bastogne	948	
Eecloo	2,155	2,158
Dépôt : Wondelghem	3	
Brugelette	2,124	2,136
Dépôt : Chièvres-Attre	12	
Aerschot	2,073	2,082
Dépôt d'Aerschot	9	
Tubize	2,048	2,059
Dépôt : Braine-le-Château	11	
Deynze	1,918	1,963
Dépôt : Olsene	21	
Id. Machelen	14	
Id. Cruyshautem	7	
Id. Nevele	3	

	Nombre de télégrammes expédiés.	
Walcourt (Station)	935	1,863
Id. (Poste)	928	
Ans	1,820	1,827
Dépôt : Bierset-Awans	7	
Laeken (Station)	1,539	1,766
Id. (Palais)	227	
Hérenthals	1,726	1,731
Dépôt : Bouwel	4	
Id. Hérenthals	1	
Rochefort	1,698	1,699
Dépôt : Ardennes	1	
Farciennes	1,229	1,691
Campinaire	462	
Stavelot	1,617	1,618
Dépôt : Gouvy-Limerlé	1	
Vielsalm	1,536	1,541
Dépôt : Gouvy-Limerlé	5	
Couvin	1,473	1,478
Dépôt : Le Bruly	3	
Id. Couvin	2	
Flénu-Monsville	1,443	1,448
Dépôt : Jemmapes-Produits	5	
Marbais	1,271	1,417
Dépôt de Marbais	146	
Sotteghem	1,384	1,388
Dépôt : Erweteghem	4	
Floreffe	1,366	1,380
Dépôt : Frasnières	8	
Id. Flawinne	6	
Moustier	1,349	1,354
Dépôt : Frasnières	5	
Florennes (Poste)	625	1,180
Id. (Station)	555	
Marbehan	1,153	1,157
Dépôt de Marbehan	4	
Beveren	1,113	1,140
Dépôt de Beveren	27	

	Nombre de télégrammes expédiés.	
Poix	941	994
Dépôt de Poix	53	
Waereghem	957	994
Dépôt : Wacken	27	
Id. Olsene	10	
Jurbise	967	978
Dépôt : Braine-le-Château	11	
Avelghem	947	950
Dépôt : Moen-Heestert	3	
Ternath	935	941
Dépôt : Dilbeek	5	
Id. Bodeghem-St-Martin	1	
Bloemendael	910	933
Dépôt : Wyngene	15	
Id. Oostcamp	8	
Denderleeuw	902	923
Dépôt : Okegem	12	
Id. Erembodeghem	9	
Fexhe-le-Haut-Clocher	877	919
Dépôt : Remicourt	39	
Id. Bierset-Awans	3	
Basècles	894	901
Dépôt de Basècles	7	
Gheel	864	882
Dépôt : Meerhout	18	
Ramillies	815	833
Dépôt : Huppaye	18	
Aeltre	828	830
Dépôt : Bellem	2	
Wespelaer	797	800
Dépôt : Bortmeerbeek	3	
Anselghem	761	765
Dépôt : Berchem (Audenarde)	4	
Esschen	749	750
Dépôt : Esschen	1	
Hoogstraeten	702	704
Dépôt : Oostmalle	2	

	Nombre de télégrammes expédiés.	
Grupont	665	680
Dépôt : Grupont	15	
Melle	647	660
Dépôt : Quatrecht	13	
Londerzeel	627	631
Dépôt : Malderen	4	
Sweveghem	625	628
Dépôt : Moen-Heestert	3	
Landeghem	559	613
Dépôt : Nevele	36	
id. Somergem	18	
Hamoir	586	610
Dépôt : Hamoir	24	
Barvaux	579	582
Dépôt : Barvaux	3	
Cortenberg	570	577
Dépôt : Velthem-Beyssem	7	
Melreux	542	543
Dépôt : Hotton	1	
Bassilly	529	536
Dépôt : Silly	7	
Bilsen	497	498
Dépôt : Bilsen	1	
Hyon-Ciply	479	480
Dépôt : Cuesmes-Trieu	1	
Barry-Maulde	459	462
Dépôt : Havinnes	3	
Oostoleteren	414	420
Dépôt : Alveringhen	6	
Jette-St-Pierre	388	399
Dépôt : Dilbeek	11	
Warneton	357	387
Dépôt : Warneton	24	
Id. Messsines	6	
Gavre	358	361
Dépôt : Eecke-Nazareth	3	

	Nombre de télégrammes expédiés.	
Romedenne	282	297
Dépôt : Surice	15	
Hanobeke	278	282
Dépôt : Bellem	4	
Sleydinge	262	264
Dépôt : Evergem	2	
Waerschot	221	223
Dépôt : Somergem	2	
Moortzeele	142	143
Dépôt : Landscauter	1	
La Pinte	102	104
Dépôt : Eecke-Nazareth	2	

Télégrammes de service.

Dans la plupart des administrations, cette dénomination n'est appliquée qu'aux correspondances échangées pour le service télégraphique lui-même.

Les télégrammes du service d'exploitation des chemins de fer sont ordinairement transmis par les fils et les appareils spéciaux des concessionnaires et ne figurent pas dans la statistique des télégraphes de l'État.

En Belgique, où le gouvernement exploite les principales lignes de chemins de fer, son réseau télégraphique est utilisé en presque totalité par la télégraphie d'exploitation. Il y a échange de services gratuits, en ce sens que les locaux et le personnel des stations secondaires sont utilisés à la télégraphie privée. Cet échange se retrouve, en vertu de conventions synallagmatiques, sur les lignes de chemins de fer exploitées par des compagnies, mais les télégrammes de ces chemins de fer ne sont pas comptés dans les totaux suivants, donnant, par année, le nombre de télégrammes de service depuis 1868 :

1868	320,481
1869	315,722
1870	403,353
1871	655,416
1872	790,711

Par suite de l'annexion successive de plusieurs chemins de fer précé

demment exploités par des Sociétés concessionnaires, le réseau administré par l'État, dont le développement était de 869 kilomètres en 1870, s'est trouvé porté à 1,424 kilomètres en 1871 et à 1,523 kilomètres à la fin de 1872. Ces extensions, jointes à l'augmentation des transports de toute nature, expliquent la progression rapide des correspondances de service, qui se répartissent, selon leur objet, conformément à la proportion suivante :

Service télégraphique		6 $^3/_4$
Chemins de fer de l'État	Convois, matériel, mouvement	51 $^1/_2$
	Colis égarés, dévoyés, etc.	26 »
Postes, personnel et autres affaires administratives		15 $^3/_4$
		100

De même qu'aux années précédentes, l'exploitation des chemins de fer de l'État entre, pour les quatre cinquièmes, dans le mouvement général des dépêches de service, et l'on peut affirmer que ces dépêches, restreintes aux communications qui ne pourraient, sans dommage, être confiées à la voie ordinaire, représentent pour le public et pour le gouvernement une valeur généralement supérieure à celle des télégrammes privés.

Elles portent à 3,198,074 le nombre total des correspondances transmises en 1872 par le réseau télégraphique de l'État.

Moyens de correspondance, situation au 31 décembre 1872.

La situation du réseau télégraphique de l'État et les extensions des deux dernières années sont indiquées par le tableau ci-après :

INDICATION des ÉPOQUES.	Longueur des lignes télégraphiques en kilomètres.	Développement des fils conducteurs, en kilomètres.	Nombre de bureaux ouverts au public.	Nombre d'appareils en service.
Au 31 décembre 1870	4,342	14,152	445	699
— — 1871	4,430	15,802	478	835
— — 1872	4,602	17,656	522	910
Extension en 1871.	88	1,650	33	136
— — 1872	172	1,854	44	75
— pendant les 2 années. .	260	3,504	77	211

Les lignes télégraphiques de l'État occupaient, à la fin de 1872, une longueur totale de 4,062 kilomètres, comprenant un développement total de 17,656 kilomètres de fils conducteurs, établis comme il suit :

	LIGNES. Kilomètres.	FILS CONDUCTEURS. Kilomètres.
Fils sur poteaux, établis savoir :		
Sur les chemins de fer de l'État . .	1,587	11,031
Sur les chemins de fer concédés. .	1,689	4,693
Sur les routes ordinaires	1,318	1,800
Fils souterrains dans les villes . .	8	132
TOTAUX.	4,602	17,656

Il y a, en outre, 1,312 kilomètres de fils établis aux frais des concessionnaires de chemins de fer. Ces fils, ainsi que les appareils qui les

desservent, sont utilisés, en presque totalité, aux correspondances privées, comme moyen auxiliaire de communication.

Le réseau télégraphique complet de la Belgique comprend donc 18,968 kilomètres de fils conducteurs.

Il y a eu, en 1872, 44 bureaux télégraphiques nouveaux, ouverts aux correspondances du public. Les 522 bureaux fonctionnant au 31 décembre 1872 sont répartis comme il suit :

A. Bureaux de l'État installés, savoir :

Dans les stations des chemins de fer de l'État	209
Id. id. id. id. concédés	90
Au centre des villes ou communes	106
Nombre total des bureaux de l'État	405
B. Stations des chemins de fer concédés, où les appareils sont utilisés aux télégrammes privés	117
TOTAL GÉNÉRAL. . .	522

L'appareil Morse est d'un emploi général dans tous les bureaux de l'État. Les bureaux principaux de Bruxelles, d'Anvers et de Liége emploient en outre l'appareil Hughes, entre eux et dans leurs relations avec l'étranger. Quelques bureaux, d'autre part, utilisent des appareils à cadran et à lettres pour correspondre avec les stations de certains chemins de fer concédés.

La situation des appareils télégraphiques de l'État, au 31 décembre 1872, est indiquée par le relevé suivant :

	EN SERVICE.	EN RÉSERVE.	ENSEMBLE
Appareils Morse	874	22	896
Id. Hughes	14	9	23
Id. à cadran, système Lippens	10	3	13
Id. id. id. Breguet.	12	2	14
TOTAUX. .	910	30	946

Le nombre des bureaux télégraphiques ouverts aux correspondances privées, dans les divers États de l'Europe, est indiqué par le relevé ci-après, qui comprend les stations de chemins de fer dont les appareils

sont mis à la disposition du public, et qui se rapporte aux informations reçues en Belgique à la fin de l'année :

Grande-Bretagne et Irlande	3,778
Empire d'Allemagne	3,407
France	3,189
Autriche-Hongrie	2,039
Italie	1,182
Suisse	705
Belgique	522
Russie	350
Pays-Bas	244
Espagne	228
Suède	174
Norvège	144
Portugal	124
Danemark	106
Roumanie	60
Turquie d'Europe	49
Grèce	48
Serbie	32
Luxembourg	29

Le personnel de la télégraphie belge se composait, au 31 décembre 1871, des éléments suivants :

Fonctionnaires et employés de la direction centrale, chef de service et adjoints, ingénieurs, contrôleurs, vérificateurs, instructeurs	50
Gestion des bureaux principaux : percepteurs, chefs de bureau, commis-chefs	35
Commis surnuméraires et élèves chargés, dans les bureaux télégraphiques d'une certaine importance, de la manœuvre des appareils, de la perception des taxes, etc.	659
Facteurs : agréés et apprentis, contre-maîtres et poseurs, préposés à l'entretien des lignes, bureaux et appareils, au clas-	
A REPORTER. . .	744

Report . . .	744
sement matériel des archives, à la surveillance des porteurs, etc.	231
Agents payés *à la course* ou à l'heure, pour le port à domicile des télégrammes, environ	605
Personnel spécial	1,580
Suppléants empruntés, pour manœuvrer les appareils, dans les bureaux secondaires, au personnel des chemins de fer de l'État et des postes	882
Auxiliaires empruntés, pour le même objet, aux chemins de fer concédés	328
Nombre total des personnes qui participent au service télégraphique (1)	2,790

Dépenses.

La somme des crédits alloués pour l'établissement, l'acquisition et l'extension des lignes télégraphiques du gouvernement belge, pendant les 23 premières années d'exploitation (1850-1872) s'élève à 3,111,000 fr. Cette somme était dépensée au 31 décembre 1872, à 900 francs près.

Il a été établi, d'après l'*Exposé des motifs* cité il y a trois ans :

1° Que les frais d'établissement successifs ayant été amortis largement par les produits nets annuels, les frais de personnel et d'entretien constituent, avec les extensions nouvelles qui ne seraient plus amorties, la seule dépense à porter annuellement au débit de la télégraphie ;

2° Que les transmissions gratuites fournies, à titre d'échange, à l'ensemble de l'administration et, notamment, aux chemins de fer, compensent amplement le concours que le télégraphe en obtient.

Les frais de la *télégraphie privée* sont donc représentés, au maximum, par les dépenses imputées sur le budget spécial des télégraphes, savoir pour les trois derniers exercices :

(1) Ce nombre ne comprend pas les agents assez nombreux qui portent des télégrammes à domicile sans faire de ce service leur occupation exclusive.

	1870.	1871.	1872.
	Fr.	Fr.	Fr.
Traitements	847,265	966,103	1,100,659
Salaires des ouvriers et porteurs	421,296	485,428	541,840
Entretien du matériel . .	169,797	180,000	217,460
TOTAUX.	1,438,358	1,631,531	1,859,959

Il y a lieu de remarquer que les chiffres de 1872 ne sont pas encore définitivement réglés. D'autre part, pour comparer les dépenses totales avec celles des années précédentes, il faut en défalquer une partie du traitement des percepteurs des postes, mise à la charge du budget des télégraphes, depuis 1868, du chef de leur participation à ce service.

En divisant les sommes restantes par le nombre total d'unités de travail de l'année (5 unités par télégramme à l'intérieur, 3 par télégramme international et 2 par dépêche en transit), on obtient approximativement la valeur moyenne de l'unité de dépense et, par là, le prix de revient par télégramme de chaque catégorie.

Les chiffres ci-après rectifient et complètent, à ce point de vue, le relevé des prix de revient inséré dans l'exposé des motifs déjà rappelé :

		1870.	1871.	1872.
		Fr.	Fr.	Fr
Frais de la télégraphie privée.		1,373,500	1,565,231	1,794,659
Nombre d'unités de dépense .		8,533,624	10,105,369	10,243,281
Valeur moyenne de l'unité. .		16c,10	15c,49	17c,52
Coût par télégramme	à l'intérieur . .	fr. » 81	fr. » 77	fr. » 87
	avec l'étranger .	» 48	» 46	» 53
	en transit . .	» 32	» 31	» 35

Irrégularités.

Pendant l'année 1872, le service des correspondances télégraphiques *à l'intérieur* de la Belgique a reçu 127 réclamations du chefs d'omissions, de retard ou d'erreurs dans la transmission des correspondances. Il a été constaté que 72 de ces réclamations n'étaient pas fondées (1).

(1) Erreurs, ou chiffres illisibles, adresses fausses ou insuffisantes, par le fait des correspondants eux mêmes. Retards provenant de la négligence des domestiques ou agents des correspondants, chargés soit de déposer les télégrammes au guichet, soit de remettre au destinataire les dépêches dûment remises à son domicile, etc.

Restent, sur 1,589,344 télégrammes, 55 cas imputables à l'administration, auxquels il convient d'ajouter 77 remboursements de taxe opérés d'office, sans qu'il y eût réclamation, l'administration ayant constaté les irrégularités par son propre contrôle.

A propos des 818,019 télégrammes *internationaux et en transit*, l'office belge a reçu 201 réclamations, dont il faut déduire :

Réclamations non fondées	80
Faits imputables exclusivement aux offices étrangers.	70
Réclamations en instruction à l'étranger	10
TOTAL. .	160

Restent 41 irrégularités dont 33 sont exclusivement imputables à l'office belge. Pour les 8 autres, une partie de la taxe a été remboursée par des offices étrangers qui avaient contribué aux erreurs ou aux retards.

Ainsi, il y a eu, à l'intérieur, 9 irrégularités constatées sur 100,000 télégrammes expédiés. Sur 100,000 télégrammes qui ont franchi nos frontières, un peu plus de 4 ont été altérés ou retardés sur le réseau belge.

Ces chiffres étaient respectivement 14 et 11 en 1871. Il y a donc, en 1872, une amélioration notable, qui correspond, dans une certaine mesure, à l'accroissement de la dépense moyenne par opération (voir plus haut). De 1871 à 1872, le mouvement est resté à peu près le même, mais les dépenses ont suivi leur cours, afin d'améliorer le service et d'étendre les moyens de transmission.

Un temps d'arrêt, dans le développement des correspondances, ne dispense point l'administration de réaliser les progrès que le public lui demanderait à toute heure, si elle n'en prenait l'initiative. Il en résulte, au moins pour l'année 1872, une dépense qui, pour la première fois, a dépassé la recette, et un prix de revient de 87 centimes par télégramme intérieur, taxé en moyenne à 54 $^1/_2$ centimes.

Cette situation est destinée, selon toutes probabilités, à s'améliorer bientôt ; mais, en attendant, elle justifie l'ajournement indéfini de tout nouvel abaissement de tarif ; elle réclame également une certaine modération dans les dépenses improductives, parmi lesquelles on peut citer spécialement l'ouverture de nouveaux bureaux dans les localités les moins importantes.

J. V.

Bruxelles, mai 1873.

II LA MÉTÉOROLOGIE AUX ÉTATS-UNIS, PAR M. A. STESSELS, CAPITAINE-LIEUTENANT DE VAISSEAU.

Depuis plus de vingt ans que l'institution Smitsonnienne a établi des observations météorologiques sur tout le territoire des États-Unis, les observateurs étaient arrivés, en dernier lieu, au nombre de près de six cents; mais comme leurs travaux sont des contributions volontaires, il en résultait assez d'irrégularité dans leur envoi au bureau central chargé de les discuter.

Les matériaux sont toutefois suffisants pour en conclure aujourd'hui une description du climat des États-Unis.

La discussion des observations de l'eau tombée a conduit à la rédaction de cartes udométriques, très-utiles à l'agriculture. Sur ces cartes, les rapports entre les observations dans les différentes régions, sont représentées par des teintes plus ou moins foncées; les feuilles sont au nombre de trois : l'une représente la quantité d'eau tombée pendant toute l'année; une autre, pendant les mois d'été et une troisième, pendant les mois d'hiver.

La distribution des pluies sur la surface de la terre dépend des vents dominants, et ceux-ci varient beaucoup avec la déclinaison du soleil, puisque la cause principale des mouvements de l'Océan aérien qui nous enveloppe réside dans la grande chaleur des régions tropicales, où le soleil répand verticalement ses rayons.

Les courants généraux de l'atmosphère, assez bien connus aujourd'hui, et dus à l'inégale distribution de la chaleur solaire jointe à la rotation de la terre, sont modifiés suivant les saisons, par les différences entre les températures des terres et celles de l'Océan. La capacité de l'eau pour la chaleur étant six fois environ celle des terres, ces dernières sont plus chaudes que l'eau en été, et plus froides en hiver. De là une tendance à des brises de mer en été, et à des brises de terre en hiver, pour rétablir l'équilibre de température.

Aux États-Unis, la chaleur plus grande du milieu de l'Amérique septentrionale retient en été les contre-alisés à une grande élévation, et provoque à la surface du sol un courant venant du Golfe du Mexique. Ce courant, à cause de la rotation de la terre, prend la direction du S. O., et en traversant la vallée du Mississippi il abandonne, sous forme de pluie, l'humidité dont il est chargé.

Si la terre était immobile, le courant que nous venons d'examiner parcourrait toute la vallée du Mississippi jusqu'au pied des Montagnes Rocheuses, et l'aridité des parties orientales de ces montagnes disparaîtrait.

Pendant l'hiver, le courant d'air supérieur qui, après avoir traversé le Pacifique, remonte les versants occidentaux des montagnes, précipite son humidité sous forme de neige sur leurs sommets; et cette neige produit, en été, de nombreux cours d'eau qui ne suffisent pas cependant à fertiliser les territoires compris entre les Montagnes Rocheuses et les contrées si productives des bords du Mississippi.

Dans le Sud des États-Unis, lorsque le soleil approche, en été, de sa plus grande déclinaison, et qu'il se trouve à peu près au zénith de l'extrémité de la Floride, la chaleur des terres accumule, dans les régions supérieures de l'atmosphère, des courants d'air humides qui se résolvent en pluie à la fin de la journée. Pendant l'hiver, au contraire, le soleil étant beaucoup au Sud de la Floride, les courants d'air à la surface sont neutralisés ou tendent à souffler vers la mer, aussi la pluie est-elle beaucoup moindre dans cette saison.

Dans les régions de l'Est du Mississippi, y compris les monts Appalaches, les vents de surface suivent presque toujours la direction des montagnes; aussi leurs deux versants, leurs sommets et leurs vallées sont elles couvertes de végétation.

Le long des côtes orientales des États-Unis, l'air humide de l'Océan Atlantique est porté vers l'intérieur des terres chaque fois que l'approche d'une tempête donne lieu à un vent d'Est.

Il était nécessaire de donner une idée de l'ensemble des phénomènes atmosphériques aux États-Unis, pour montrer comment l'état du temps dans un endroit dépend de causes souvent très-éloignées.

La discussion des observations faites pendant plusieurs années conduit à ce qui peut se nommer les conditions statiques du climat, dans les différents lieux ; mais dans ces derniers temps, les observations eurent plus particulièrement pour but de déterminer les conditions de l'atmosphère au même instant, sur toute l'étendue d'une même aire météorologique, et de rechercher l'origine et la marche des tempêtes; c'est-à-dire de trouver les lois dynamiques qui gouvernent ces phénomènes.

Le télégraphe fut de la plus grande utilité dans ces recherches et permit d'obtenir rapidement l'état du temps, à un moment donné, sur

tout le champ d'observation. Au moyen de ces indications il devint possible de prédire le temps avec plus ou moins de probabilité.

Pour ces prédictions il est nécessaire de connaître les lois générales relatives à la vitesse et à la direction que prennent les perturbations atmosphériques dans leurs déplacements.

En Europe, la prédiction du temps est basée en grande partie sur cette loi, déduite de l'observation : que le vent à attendre soufflera à peu près à angle droit avec la ligne qui réunit le lieu de la plus grande pression barométrique avec celui de la plus petite, et que, si l'on se tourne vers la dépression, le vent viendra de la gauche.

Cette loi, qui peut se déduire directement de la théorie des cyclones, n'est plus exacte pour la partie orientale des États-Unis.

Sur les côtes occidentales de l'Europe les perturbations viennent directement de l'Océan, où la forme des cyclones subit peu de modifications anormales dans son trajet ; tandis que les tempêtes sur les côtes orientales de l'Amérique ont leur origine au loin dans l'intérieur des terres, et subissent de grands changements par les obstacles qu'elles rencontrent dans leur marche vers l'Océan Atlantique.

Cette incertitude dans l'application d'une loi générale à la prédiction du temps, obligea les États-Unis à étendre le champ d'observation et à observer directement la marche des perturbations.

En 1870, le bureau des signaux à Washington fut chargé, sous la direction du général Meyer, d'inaugurer pour les États-Unis des observations météorologiques semblables à celles qui se réunissent pour la Grande-Bretagne dans le bureau météorologique de Londres.

Ce dernier bureau a établi à plusieurs points des Iles Britanniques des observatoires munis d'instruments enregistreurs, donnant les pressions barométriques, les températures, la force du vent et sa direction, l'humidité de l'air et la quantité d'eau tombée, et enfin on y joint des indications sur l'état du ciel et les perturbations magnétiques.

Tous les trois mois le bureau de Londres publie des rapports très-remarquables *(Quarterly weather reports)* sur les observations météorologiques du trimestre précédent, et sur la marche des perturbations atmosphériques.

Le bureau des signaux à Washington nous a transmis quelques-unes des cartes servant à faire connaître au public les prévisions sur l'état du temps.

Ces cartes du temps sont publiées par le département de la guerre,

pour l'avantage du commerce et de l'agriculture. Les observations, faites sur tout le territoire de l'Union et sur une partie du Canada, dans le voisinage des lacs, sont transmises par le télégraphe à Washington, de manière à les donner pour le même moment partout; en tenant compte de la différence entre les temps des différents lieux, à cause de leur position en longitude.

Voici à peu près comment se fait le travail préliminaire :

Le service des signaux, chargé de publier les observations, possède un grand nombre d'exemplaires d'une carte de l'Amérique du Nord donnant la position des différents lieux d'observation, les grandes indications hydrométriques et les principaux courants de l'Océan.

A la réception des télégrammes météorologiques, on marque sur ces cartes, pour le même instant (7^h $35'$ du matin à Washington), et pour les différents lieux :

L'état du thermomètre, en degrés Farenheit,

L'état du baromètre, en pouces anglais et centièmes de pouce,

La vitesse du vent, en milles anglais par heure,

La direction du vent, par des flèches,

Des indications spéciales donnent également :

Ciel clair,
Ciel nuageux,
Neige,
Beau temps,
Pluie.

La carte ainsi préparée, il est facile de tracer les lignes qui passent par les lieux d'une même pression barométrique (isobars) ; elles sont construites pour chaque dixième de pouce anglais, et permettent de reconnaître à première vue les lieux qui, dans l'aire des observations, sont occupés par une surélévation ou une dépression du baromètre.

Les cartes donnent alors une vue de l'ensemble de l'état du temps, à un moment donné. Afin d'arriver à la prédiction du temps, elles donnent encore, dans un tableau séparé, et pour les différents lieux :

Les changements du baromètre, pour les 8 heures précédentes,

L'état hygrométrique de l'air au moment de l'observation,

La quantité d'eau tombée pendant les 8 heures précédentes.

Ces indications donnent un ensemble du temps qu'il a fait, pendant les 24 heures précédentes, et par suite permettent d'établir les probabilités relatives au temps prochain à attendre.

Tous ces renseignements sont imprimés dans un coin de la carte qui, telle que nous venons de la décrire, est quotidiennement répandue dans le public, surtout dans les ports où, dans des endroits désignés, elle est exposée à l'inspection des marins.

Dans un travail adressé en 1871 au Congrès géographique d'Anvers, le commodore Maury, dont la science déplore la perte, proposa d'étendre à l'Europe un système d'observations telles que celles qui se font aujourd'hui aux États-Unis. Le savant américain proposait, pour y arriver, une conférence météorologique, comme celle qui eut lieu à Bruxelles en 1853, et dont les résultats furent si favorables au commerce et à la navigation du monde entier; en augmentant nos connaissances sur les vents et les courants de la mer, et en créant une science nouvelle : la géographie physique de l'Océan.

Nous reconnaissons avec Maury : que le bien-être des individus et la richesse des nations dépendent beaucoup de l'état du temps et de la connaissance des lois de ses changements ; que les industries de la terre ne sont pas plus exemptes que celles de la mer, de l'influence des causes météorologiques, et que toutes les nations admettent ces faits et en reconnaissent l'importance.

Nous sommes également convaincus que, pour arriver à des conclusions utiles, un service météorologique doit être organisé comme en Angleterre et aux États-Unis, et qu'il est indispensable d'opérer sur une grande étendue du pays, en faisant réunir régulièrement les observations à des centres bien choisis.

Une entente entre toutes les nations de l'Europe, sur des bases déjà posées dans le travail de Maury, en grandissant le champ des investigations, amènerait les résultats les plus utiles pour l'industrie et le commerce, et donnerait de la certitude à beaucoup d'opérations, aujourd'hui entièrement abandonnées au hasard, ou enrayées dans une routine excluant le progrès.

III. LES GRANDS HAUTS FOURNEAUX EN ANGLETERRE.

Les hauts fourneaux édifiés dans les districts houillers reçurent généralement à l'origine une hauteur supérieure à celles des hauts fourneaux au bois.

Jusque vers 1860 cette hauteur ne dépassait guère 15 à 16^{m} dans les

divers districts métallurgiques anglais, et le volume intérieur des cuves n'allait généralement pas au delà de 150 à 170$^{m^3}$.

C'est vers 1861 que se manifesta, particulièrement dans le Cleveland, une tendance marquée et continue à agrandir les dimensions de ces appareils, afin d'en augmenter la production. Les premiers fourneaux construits dans ce but avaient 18^{m}30 de hauteur et une capacité de 362$^{m^3}$; la progression se fit rapidement, et, en 1866, tandis que les uns adoptant les profils *élancés*, donnaient aux fourneaux 29^m de hauteur, pour un volume de 430$^{m^3}$, d'autres préférant le type *élargi*, arrivaient à 566$^{m^3}$ de volume, avec 23^m de hauteur.

On ne s'en tint pas là ; en 1870, on atteignit la hauteur de 31^{m}50 pour une cuve de 935 m. c.; et, en 1871, un fourneau fut élevé qui, pour 27^{m}50 de hauteur, offrait l'énorme capacité de 1218$^{m^3}$.

C'est une question de haute importance que de savoir l'influence qu'exerce un développement si considérable des dimensions sur les conditions de marche du haut fourneau, et si cette progression a réalisé le but qui l'a provoqué. M. L. Gruner, professeur de métallurgie, a consacré à cette question une remarquable étude publiée dans la 4e livraison de l'année 1872 des *Annales des Mines de France.*

Voici, en résumé, les conclusions de cet important travail :

1° La production des hauts fourneaux, au delà du volume de 200$^{m^3}$, ne croît pas proportionnellement à leur capacité.

2° Pour apprécier la marche des hauts fourneaux, il convient de fixer par expérience le rapport des quantités d'acide carbonique et d'oxyde carbonique qui se trouvent dans les gaz du gueulard ; à l'aide de ce rapport, on peut non seulement calculer la composition réelle des gaz, mais encore la quantité d'air que réclame le haut fourneau.

3° Pour déterminer exactement le rapport $\frac{CO_2}{CO}$, il ne suffit pas de faire un certain nombre de prises *instantanées*, il faut soutirer le gaz pendant plusieurs heures. Il convient à cet effet d'avoir recours à un appareil analogue à celui dont s'est servi M. Scheurer-Kestner, dans ses analyses des produits de combustion de la houille sous les chaudières à vapeur.

4° La composition des gaz une fois connue, il convient, pour se rendre un compte exact de la marche du haut fourneau, d'établir la balance entre la chaleur *reçue* et la chaleur *dépensée* et d'évaluer séparément la chaleur développée dans la *zône des tuyères* et celle qui se produit dans la *zône de réduction*.

5° En appliquant ces principes à quelques hauts fourneaux du

Cleveland, on peut constater que les avantages des fourneaux *élevés* sur ceux d'une faible hauteur, résultent simplement de la température moins considérable des parties supérieures de la cuve. La réduction s'y fait d'une façon plus complète, par la seule action de l'oxyde de carbone, sans intervention du carbone solide : on se rapproche de la marche *idéale*, qui suppose le carbone solide exclusivement brûlé par l'oxygène du vent. Un avantage accessoire, mais plus direct, est dû à la moindre chaleur *sensible* des gaz du gueulard.

6° La consommation des hauts fourneaux dépend en partie de leur production. La consommation *minimum* correspond à une vitesse *moyenne*, qui varie d'ailleurs avec la hauteur et la capacité absolue des hauts fourneaux.

7° A cause du dédoublement de l'oxyde de carbone dans la région supérieure des hauts fourneaux, la température des gaz du gueulard ne peut s'abaisser au-dessous d'une certaine limite, et, *par ce motif*, il n'y a aucun avantage dès que cette limite est atteinte à grossir encore le volume et la hauteur des hauts fourneaux. Une marche trop lente et un excès de volume peuvent devenir onéreux.

8° La chaleur apportée par le vent chaud remplace avec avantage celle qui développe la combustion dans la zône des tuyères.

IV. RÉSUMÉ DU COMPTE RENDU DES OPÉRATIONS DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT PENDANT L'EXERCICE 1870.

A. — *Développement des lignes.*

Au 31 décembre 1870, les chemins de fer en exploitation sur le territoire de la Belgique avaient un développement de 2,896,991 mètres, supérieur de 74,517 mètres à celui de l'année précédente.

Ces 74,517 mètres se repartissent entre les lignes Péruwelz-Tournay-Poperinghe à la frontière, Eecloo-Assenede, Comines à la frontière, Tamise-St.-Nicolas.

La longueur totale exploitée par l'État en 1870 a été de 868,682 m., soit 6,016 m. de plus qu'en 1869.

B. — *Voies principales et voies accessoires.*

A la fin de 1870, le développement des voies *principales* atteignait 1,707,365 mètres. Les voies *accessoires* dont la longueur était de

480,351 mètres représentaient environ 28,13 p. °/₀ du développement des voies principales.

C. — *Rails*.

Des rails forts ont été substitués en 1870 comme en 1869, aux rails faibles. A la fin de l'année, il ne restait plus que 5,227 mètres de rails faibles dans les voies principales et 111,995 mètres dans les voies accessoires (en outre, 1,820^{m} en réserve pour remploi). On entend par rails faibles ceux dont le poids est inférieur à 34 kil. par mètre courant.

1,980,958^{m},52 étaient éclissés à la fin de 1870.

D. — *Billes*.

Le prix moyen des billes a été, en 1870, de fr. 5,36 pour les billes en chêne non préparées, de 5,87 pour les billes en chêne préparées, et de fr. 3,41 pour les billes en sapin préparées d'après le système Bethell. Le premier de ces prix est inférieur de fr. 0,08, au prix correspondant de 1869; le deuxième est également inférieur de 0,16 et le troisième reste le même que celui de 1869.

E. — *Dépenses de premier établissement*.

A la fin de 1870, il avait été prélevé sur les allocations votées, une somme de fr. 266,383,906, se répartissant ainsi :

	fr.	c.
1° Aux lignes de chemins de fer construites de station à station aux frais du Trésor public, y compris la section de Landen à St.-Trond, pour une somme de	249,684,661	48
2° Aux lignes de raccordement, de ceinture, etc.	13,480,210	93
3° Parachèvement et amélioration de lignes construites par des compagnies et exploitées par l'État, sauf celle de Saint-Trond-Hasselt. . .	2,501,129	70
4° Frais d'exploitation prélevés sur le produit des emprunts, avant la constitution d'un budget annuel (exercices 1835 et 1836)	700,979	38
5° Sommes restées sans emploi et ayant fait retour au trésor, etc.	16,924	82
TOTAL. . .	266,383,906	31

Des crédits ouverts au 31 décembre 1870 s'élevant à la somme de fr. 284,496,349 24, il reste un excédant disponible, engagé dans des travaux projetés ou entamés, s'élevant à la somme de fr. 18,112,442 93.

La dépense occasionnée par les lignes construites par l'État jusqu'au 31 décembre 1870, et déjà livrées à l'exploitation, se répartit, par kilomètre, de la manière suivante :

	Fr.	c.
Route proprement dite	236,132	93
Bâtiments et dépendances des stations	75,212	47
Dépenses générales	8,896	22
Matériel de traction et des transports	97,716	79
Ensemble. . .	417,958	41

F. — *Recettes et dépenses en 1870.*

Les produits directs de l'exploitation pendant l'année 1870 se sont élevés :

	Fr.	c.
Pour la part de l'État, à	41,727,875	81
Pour la part de la Compagnie de Dendre et Waes	1,816,252	68
Pour la part de la Compagnie de Tournai à Jurbise, à.	607,689	52
Pour la part de la Compagnie de Tournai à Lille et Hal à Ath	501,823	88
Pour la part de la Compagnie de Braine-le-Comte à Gand	651,711	60
Pour la jonction belge-prussienne	1,126	23
Total. . .	45,306,479	22
La dépense effective de l'exploitation a été de. .	25,051,171	52
Et par conséquent l'excédant de la recette s'est élevé à	20,255,307	70

L'augmentation de la recette nette relativement à l'année 1869 est de fr. 960,486 05.

La dépense d'exploitation a représenté en 1870 les 55,29 p. °/₀ de la recette brute.

Le rapport avait été de 55,53 p. °/₀ en 1869.

G. — *Locomotives.*

Le nombre des locomotives était, au 1er janvier 1871, de 371, inférieur de 2 à celui de l'année précédente. La force moyenne de ces locomotives était de 149,2 chevaux vapeur; la moyenne correspondante était de 142, 7 chevaux en 1869.

Le parcours des locomotives remorquant des trains (voyageurs et marchandises), a été de 10,161,041 kilomètres.

En 1870, la recette brute, la dépense et la recette nette par locomotive-kilomètre se sont respectivement élevées à :

	Fr.
Recette brute	4,45874
Dépense	2,46541
Recette nette	1,99333

H. — *Matériel des transports.*

Le nombre des voitures a augmenté en 1870 de 1,152, ce qui porte le chiffre des voitures à 10,725. Ces voitures ont fourni un parcours total de 145,459,576 kilomètres.

I. — *Mouvement, recettes, dépenses.*

Les mouvements et les recettes de 1870 sont mis en regard de ceux de 1869 dans le tableau suivant :

NATURE des TRANSPORTS.	QUANTITÉS TRANSPORTÉES		PRODUIT	
	en 1869.	en 1870.	en 1869.	en 1870.
			Fr. C.	Fr. C.
Voyageurs . . . . . Nombre.	13,577,016	14,134,356	16,025,449 95	16,139,076 72
Bagages. Colis taxés au minimum	131,551	115,771	653,864 95	676,395 77
Bagages. Colis taxés au poids. qx. . . .	125,953	123,254		
Petits paquets et petites marchandises. Kilogr.	147,262,072	153,154,772	3,395,173 49	3,500,477 33
Grosses marchandises. Tonnes.	7,101,552	7,614,333	20,704,235 18	22,136,637 97
Finances. . . . Groups . . .	971,308	1,202,062	271,501 75	313,548 92
Équipages. . . Nombre . . .	367	436	15,238 17	16,784 87
Chevaux et bestiaux. Expéditions	29,190	32,549	499,805 85	548,465 48
Produits extraordinaires. . .	. . . .	. . . .	1,822,585 56	1,975,092 16
		Totaux.	43,387,254 90	45,306,479 22
		Augmentation. .	1,919,224 32	

Les dépenses de 1870 et celles de 1869 donnent le tableau suivant :

NATURE DE LA DÉPENSE.	DÉPENSES 1869.	DÉPENSES 1870.
	Francs.	Francs.
Voies et travaux	6,588,515 11	6,684,835 26
Traction et matériel	9,987,630 36	10,870,812 28
Transports	6,638,207 37	7,058,248 67
Services en général . . .	626,026 12	705,080 31
Régie	32,919 28	35,100 »
TOTAUX. . . .	23,873,298 24	25,354,076 52
AUGMENTATION. .	1,480,778 28	

K. *Combustible.*

La consommation de combustible a été en 1870, de fr. 1,310,744 47, ce qui accuse une augmentation de 93,958 51 par rapport à la consommation de 1869.

L. *Huiles et graisses.*

Les huiles et les corps gras employés au chauffage et à l'éclairage en 1870, avaient ensemble une valeur de fr. 736,810 03, supérieure de fr. 96,457 65, à celle de l'année précédente.

M. — *Transit et services internationaux.*

Le tableau suivant contient le relevé des recettes du transit et des services internationaux en 1870.

NATURE des TRANSPORTS.		MOUVEMENT.		RECETTES.	
		Part dans le mouvement général.	Quantités.	Part dans la recette générale.	SOMMES.
		P. %		P. %	Fr. c.
VOYAGEURS.	1re classe	17,85	168,175	37,76	1,346,730 07
	2e classe	6,91	132,972	17,56	589,937 20
	3e classe	3,26	344,720	3,17	275,846 32
	Extraordinaires	1,08	7,643	2,03	10,365,80
BAGAGES.	Au minimum	20,42	Expéditions. 23,636	18,33	11,319 85
	Au poids	39,99	Quintaux. 49,296	49,67	305,309 67
Équipages		26,37	115	29,66	4,978 91
Animaux		5,70	Expéditions. 1,854	7,80	42,850 74
Finances		29,61	Groups. 356,041	25,61	80,295 76
Petits paquets		36,73	K. 1,975,565	40,08	238,988 31
Petites marchandises		14,75	Quintaux. 217,997	15,66	454,806 83
Grosses marchandises		28,81	Tonneaux. 2,193,353	22,42	4,962,251 72
Produits extraordinaires		»		»	50,764 12
			TOTAUX. .		8,374,445 30

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

Machines à vapeur. — Accidents.

En exécution de l'article 51 de l'arrêté royal du 21 avril 1864, le Ministre des travaux publics fait connaître qu'il est arrivé, dans le royaume, pendant l'année 1872, huit accidents aux appareils à vapeur.

Le tableau ci-contre fait connaître les causes et les effets de ces accidents.

Bruxelles, le 23 mai 1872.

F. MONCHEUR.

MACHINES A VAPEUR. — Acci

NUMÉRO D'ORDRE.	DATE de l'explosion.	A. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé ; B. Nom du propriétaire de l'appareil ; C. Nom du constructeur id. ; D. Nom du fabricant des tôles.	NATURE, FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL. Détails divers.
1	26 mars.	*A*. Filature de lin et d'étoupes, à Saint-Gilles lez-Bruxelles ; *B*. Société linière de St-Gilles ; *C*., *D*. Société de Haine-Saint-Pierre. — Des tôles ont été renouvelées.	Chaudière cylindrique à fonds bombés, avec deux tubes réchauffeurs, destinée à fournir, avec cinq autres générateurs, la vapeur aux deux machines motrices de l'établissement. Chaudière. { Longueur . . 13m40; Diamètre . . 1m30; Epaisseur des tôles . . . 0m014 } Tubes réchauffeurs. { Longueur . . 10m60; Diamètre . . 0m80; Epaisseur des tôles . . . 0m011 } Pression maximum : six atmosphères. Alimentation des chaudières par l'eau de condensation des machines ; condensation, dans les machines, par les mêmes eaux refroidies.
2	24 avril.	*A*. Société pour l'exploitation de l'éclairage oxydrique à Molenbeek-Saint-Jean, quai de l'Industrie, n° 113. *B* Desan et Dietz. *C*. Inconnu. *D*. Inconnu.	Cylindre de 0m62 de diamètre, de 2m84 de longueur, avec fonds bombés de 0m15 de flèche. Parois en tôles d'acier de 0m002 d'épaisseur, réunies par une rivure simple. Ce cylindre provenait de l'usine contiguë, où se fabrique le gaz d'éclairage comprimé et où il avait servi ; il était timbré à quatre atmosphères. Il était destiné à recevoir à domicile le gaz oxygène comprimé.
3	9 juillet.	*A*. Filature de coton sise à Ledeberg, le long de la route provinciale de Gand à Hundelgem ; *B*. Alphonse Bracq-Vercruysse, à Gand ;	Chaudière horizontale cylindrique, à bouts bombés, munie d'un réservoir de vapeur, de deux tubes bouilleurs, d'une tubulure sur le bout antérieur pour y installer le tube en verre indicateur du niveau de l'eau et ses raccords entre le

...ents arrivés pendant l'année 1872.

EXPLOSION.		
CIRCONSTANCES.	SUITES.	CAUSE PRÉSUMÉE.
L'explosion a eu lieu vers 8 heures et un quart du matin. Les machines étaient en mouvement.	La moitié de la tôle au-dessus de la grille a été découverte dans les décombres, sous le foyer ; le restant de la partie cylindrique antérieure a été projeté à 10 mètres environ de distance. Le fond tombé antérieur en était séparé. La partie postérieure de la chaudière, arrachée des tubes réchauffeurs, a été lancée en arrière contre la grande cheminée en briques de l'usine. Le fond tombé s'en trouvait détaché. La cheminée s'est écroulée et a écrasé une partie de l'atelier des mécaniciens Les vitres de la cour intérieure ont été brisées et la toiture des ateliers faisant face aux chaudières et celle du petit bâtiment latéral à ses appareils fortement détériorées. Le séchoir au-dessus des chaudières complétement détruit. Le nombre des victimes de l'accident est de douze : sept tuées sur le coup et cinq mortes des suites de leurs blessures.	La cause présumée de l'explosion est l'amincissement de la tôle du foyer le long de chacune des rivures longitudinales. Cet amincissement est tel que le bord de la tôle, le long de la déchirure, avait moins d'un millimètre d'épaisseur. Il existait tout entier dans la paroi intérieure de la chaudière et semblait provenir d'une corrosion par les eaux d'alimentation.
Le cylindre, soumis à un lavage à la vapeur d'eau sous une pression de quatre atmosphères, pour le débarrasser du goudron qui tapissait ses parois intérieures par son emploi dans l'usine à gaz comprimé, fit explosion au moment où un des ouvriers lui appliquait un coup de marteau pour serrer un rivet.	Le cylindre s'est séparé suivant une section circulaire en deux parties à peu près égales et ses parois se sont un peu étalées. Les deux ouvriers qui conduisaient l'opération du lavage du cylindre ont été fortement contusionnés et brûlés, surtout celui qui avait appliqué le coup de marteau.	La cause de l'explosion est attribuée au coup de marteau appliqué contre le cylindre pendant qu'il était soumis à une pression de quatre atmosphères.
Le 9 juillet 1872, vers 9 heures et un quart du matin, pendant que le chauffeur faisait fonctionner la pompe de la machine qui alimente le générateur, l'explosion eut lieu.	La chambre des chaudières, isolée de toutes constructions dans la cour de l'usine et comprenant deux générateurs, ainsi que l'espace occupé par un troisième appareil de l'espèce	Mauvais état de la chaudière : les tôles du bouilleur, dont l'épaisseur (d'après la formule de l'instruction ministérielle pour l'exécution du règlement du 21 avril 1864,

NUMÉRO D'ORDRE.	DATE de l'explosion.	*A*. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé ; *B*. Nom du propriétaire de l'appareil ; *C*. Nom du constructeur id. ; *D*. Nom du fabricant des tôles.	NATURE, FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL. Détails divers.
		C. Société anonyme de Couillet, à Couillet, ou Deffing et Jubin, à Montigny-sur-Sambre ; *D*. Inconnu.	corps principal et les bouilleurs ; sa capacité est de $17^{m^3}571$. Acquise dans le cours de l'année 1871 des sieurs Félix De Haynin et Ce, à Gosselies et Marcinelle, dans l'usine desquels elle avait fonctionné à quatre atmosphères depuis des années, elle subit des réparations faites par le chaudronnier Joseph Staelens, à Gand, fut soumise, le 28 octobre 1871, à l'épreuve pour être timbrée à cinq atmosphères et remise à feu le 15 février 1872.
4	12 juillet.	*A*. Usine pour l'épuration et la vulcanisation du caoutchouc et pour la confection d'objets et de tissus en caoutchouc, rue du Pavillon, à Schaerbeek lez-Bruxelles ; *B*. Frédéric Goethals et Cie ; *C* J. Robinson, et Cie, à Manchester ; *D*. De provenance anglaise.	L'appareil de fabrication qui a fait explosion est une chaudière horizontale cylindrique de 4^m5 de longueur sur 1^m20 de diamètre intérieur, à fonds, l'un bombé en tôle de fer, comme la partie cylindrique, l'autre en fonte de fer formant couvercle mobile pour l'introduction des matières. La tôle avait 0^m010 à 0^m011 d'épaisseur, le couvercle en fonte, de 0^m305 d'épaisseur, était renforcé par six nervures de 0^m03 de largeur et 0^m12 de hauteur au milieu du couvercle. L'appareil recevait la vapeur d'un générateur placé à l'extérieur du bâtiment.
5	28 sept.	*A*. Fabrique de sucre de Wiers ; *B*. Quevy, Grad et Cie ; *C*. Ignace Duez, à Jemmapes ; *D*. Société des forges de Zône, à Marchienne.	Chaudière horizontale cylindrique à fonds hémisphériques, ayant 8^m50 de longueur et 1^m20 de diamètre, avec deux tubes bouilleurs de 9^m00 de longueur et de 0^m70 de diamètre. Pression autorisée : cinq atmosphères et demie. Construite et placée en 1872.

EXPLOSION.

CIRCONSTANCES.	SUITES.	CAUSE PRÉSUMÉE.
Les bouilleurs, aux deux tiers de leur longueur, furent rompus et arrachés de la chaudière et leurs débris lancés dans diverses directions. La chaudière, demeurée intacte et soulevée à son extrémité opposée au foyer, se maintint dans une position formant angle avec le sol d'environ quarante-cinq degrés; son extrémité antérieure ayant glissé sur les barreaux du foyer se fixa dans le sol, au pied du mur de la chambre de la machine.	récemment enlevé, a été détruite de fond en comble, de même qu'un réservoir à eau se trouvant au-dessus des chaudières. Deux ouvriers (l'aide chauffeur et un aide maçon) ont été tués; un troisième légèrement blessé.	aurait dû être de 8 4/10 millimètres) n'avaient plus en certains endroits, que 5, 4, 3 1/2 et 3 millimètres, par suite de corrosions profondes; en outre, le fer était de mauvaise qualité.
L'explosion a eu lieu vers 8 heures du matin, à la suite d'un essai fait par deux ouvriers qui avaient introduit de la vapeur à une pression de quatre à cinq atmosphères dans l'appareil, pour vulcaniser un tuyau en caoutchouc. La couverture en fonte, maintenue par de forts boulons, s'est détachée en se brisant en plusieurs fragments, peu de temps après le commencement de l'expérience. L'accident s'est produit pendant qu'un de ces ouvriers serrait l'un des boulons du couvercle pour empêcher une fuite de vapeur par le joint de fermeture.	L'ouvrier qui serrait le boulon a été atteint par un fragment du couvercle et a été tué. L'autre ouvrier a été blessé grièvement. Les pertes matérielles ont principalement consisté dans le bris d'un grand nombre de carreaux de vitres.	L'accident est attribué à l'emploi de la fonte de fer pour le couvercle mobile. L'appareil n'avait pas subi les épreuves réglementaires et n'était pas muni de soupape de sûreté.
Une tôle de l'un des tubes bouilleurs au-dessus du foyer s'est déchirée longitudinalement sur une longueur de 2^{m}00 et transversalement à droite et à gauche. Le collier en fonte qui porte l'obturateur a été brisé. Projection d'eau et de vapeur. Dégâts matériels insignifiants.	Le chauffeur a été brûlé et est mort le lendemain.	La chaudière était neuve et ne fonctionnait que depuis trois jours. Tôle de mauvaise qualité, ainsi qu'on a pu le constater après l'événement.

NUMÉRO D'ORDRE.	DATE de l'explosion.	*A*. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé ; *B*. Nom du propriétaire de l'appareil ; *C*. Nom du constructeur id. ; *D*. Nom du fabricant des tôles.	NATURE, FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL. Détails divers.
6	6 novem.	*A*. Fabrique de sucre à Ladeuze ; *B*. Ortigat, Bricoult et Cie. *C*. A. et E. Gilain, à Tirlemont ; *D*. Société anonyme de Couillet.	Chaudière horizontale cylindrique à extrémites hémisphériques, ayant 12m50 de longueur et 1m20 de diamètre, avec deux tubes réchauffeurs de 10m35 de longueur et de 0m70 de diamètre. Pression autorisée : cinq atmosphères. Construite et placée en 1872.
7	17 déc.	*A*. Charbonnage Cockerill ; bure Caroline, à Seraing ; *B*. Soc. anonyme John Cockerill ; *C*. Id ; *D*. Id.	Chaudière horizontale cylindrique à bouts légérement bombés avec deux tubes réchauffeurs et un dôme fournissant la vapeur aux diverses machines de la houillère Caroline. Placée sous le n° 15, dans un massif de cinq chaudières parallèles entre elles. Eprouvée pour marcher à cinq atmosphères, au lieu de quatre, le 15 octobre 1872.
8	19 déc.	*A*. Filature de lin, à Tournai ; *B*. Jules Boucher-Feyrick ; *C*. Petry-Driane, à Grivegnée, pour la chaudière primitive, et Larochaymond, à Tournai, pour les modifications apportées en 1865 ; *D*. Inconnu.	Chaudière horizontale à fonds plats rivés sur un collet formé par le pliement à angle droit des tôles du corps cylindrique. Longueur, 8m00 ; diamètre, 1m40. Avec deux tubes bouilleurs ayant 10m25 de longueur et 0m70 de diamètre. Pression autorisée : quatre atmosphères. Construite en 1855, modifiée en 1865 par la suppression du tube intérieur et le renouvellement des fonds.

EXPLOSION.

CIRCONSTANCES.	SUITES.	CAUSE PRÉSUMÉE.
L'une des tôles de la chaudière au-dessus du foyer s'est déchirée suivant une génératrice du cylindre sur une longueur de 0,95. Projection d'eau et de vapeur. Dégâts matériels insignifiants.	Le chauffeur a été brûlé et est mort au bout de quelques heures. L'aide chauffeur a été atteint très-légèrement.	La chaudière était neuve et ne marchait que depuis un mois à six semaines. L'accident ne peut être attribué qu'à une défectuosité de la tôle, qui s'est déchirée.
Les machines alimentées par les chaudières du massif étaient dans leur état d'activité habituel lorsque l'explosion a eu lieu, le 17 décembre, vers 4 heures et demie du matin. Le corps principal de la chaudière s'est déchiré en trois fragments, dont deux comprenant la partie antérieure, sur une longueur de près de 1^{m}00 et un tronçon pesant environ 600 kilogrammes furent projetés vers l'arrière à des distances de 60^{m}00 et de 35^{m}00 et le troisième s'est retourné sur lui-même, en prenant une légère obliquité par rapport à l'axe de la position primitive. Le deuxième fragment, déchiré suivant une génératrice en pleine tôle, était presque aplati.	Dégâts matériels peu importants.	Abaissement du niveau de l'eau dans la chaudière.
Le collet sur lequel l'un des fonds était rivé s'est arraché. Le fond détaché a été lancé à 18^{m}00 de distance à travers une muraille, emportant ou brisant plusieurs pilliers en fonte et bouleversant tout un atelier. Le corps même de la chaudière, avec ses deux tubes, a été projeté en sens inverse, détruisant trois sommiers de fonte et traversant quatre murs.	Quinze victimes : quatre ont succombé ; des onze autres, cinq ont reçu des blessures graves et six n'ont été que légèrement atteintes.	Système défectueux de la chaudière. Les fonds plats soumis à une forte pression, en raison de leur grand diamètre, n'étaient renforcés d'aucune façon depuis qu'en 1865 on avait supprimé un tube intérieur qui les reliait. Il s'est produit, sur tout le pourtour du collet d'un des fonds, un cisaillement qui a détruit peu à peu la résistance du fer et en a déterminé la rupture.

BIBLIOGRAPHIE.

OUVRAGES BELGES ET FRANÇAIS.

Théorie des moteurs à vapeur, par V. Dwelshauvers-Dery.

Principes de la résistance des matériaux par le même.

Carte de la production, par commune, des carrières de la Belgique, pendant l'année 1871, dressée à l'aide des renseignements recueillis par l'Administration des Mines, par Adolphe Firket, ingénieur au Corps des Mines, répétiteur de minéralogie et de géologie à l'École des Mines de Liége.

Carte de la production, de la circulation et de la consommation des charbons belges en 1869, avec un commentaire contenant les tableaux justificatifs et les matériaux employés, par M. Goebel, directeur-gérant du charbonnage de la Chartreuse et Violette, à Liége.

Note sur le chauffage à haute température de l'air comprimé pour le soufflage des hauts-fourneaux au moyen d'appareils en briques réfractaires et particulièrement de fours Whitwell, par E. Chenot, métallurgiste.

Voie, matériel roulant, exploitation technique des chemins de fer, 2e fascicule (traction), par M. Couche, inspecteur général des mines et des chemins de fer.

Richesses minérales du département de Meurthe et Moselle, par M. A. Braconnier, ingénieur des mines.

Traité pratique sur les chaudières à vapeur, par L. Dilvordre.

Traité sur les dérivés de la houille applicables à la production des matières colorantes, par Ch. Girard et J. Delacre.

L'École des chauffeurs, suivie d'une étude sur les explosions fulminantes des chaudières à vapeur et des moyens de les conjurer, par Testud de Beauregard.

Travaux publics des États-Unis d'Amérique en 1870; rapport de mission par M. Malézieux.

Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées, par M. A. Debauve.

Des aérophores et de leur application au travail dans les mines, par A. et L. Denayrouze.

OUVRAGES ALLEMANDS.

Fabrication, Prüfung und Uebernahme von Eisenbahn Materiel, par Alphonse Petzhold. (Construction, épreuves et réception du matériel de chemin de fer.)

OUVRAGES ANGLAIS.

A rudimentary Treatise on the Locomotive Engine in all its phases, par Dempsey (G. Drysdale). (Traité élémentaire de la machine-locomotive.)

On the downward intermittent filtration of sewage, as it is now in practical operation of Troedyhiw : an address read at the annual Meeting of the South Wales branch of the british medical association, par Dyke (Thomas Iom.) (Sur le filtrage intermittent des eaux d'égoût.)

The strength of materials and structures, par Anderson (John.) (Résistance des matériaux.)

La houille et l'exploitation des houillères en Angleterre, par Warington W. Smith. — Traduit de l'anglais par Gustave Maurice.

OUVRAGES ITALIENS.

Sulla matteriale struttura delle strade inghiaiate, par de Felipis (Guglielmo.)

NOTICE BIOGRAPHIQUE

SUR

Jean-Guillaume-Eugène BIDAUT,

ANCIEN SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

M. Jean-Guillaume-Eugène Bidaut naquit à Liége le 6 août 1808.

A l'âge de 19 ans, à la suite d'un concours où il obtint une place distinguée, il entra dans l'administration des mines, en qualité de conducteur.

Trois ans après, nommé aspirant ingénieur, il passa successivement de la résidence de Liége, où il avait débuté, à celles de Namur et de Charleroi.

En 1837, il est promu au grade d'ingénieur de 2e classe, « en récompense du zèle, du talent et de » l'activité dont il a fait preuve. » Ingénieur de 1re classe en 1842, il quitta en 1848 le service des mines pour s'occuper, au Département de l'Intérieur, de l'étude d'un projet de fertilisation des bruyères de la Campine.

Les services qu'il rendit dans l'accomplissement de cette mission le firent nommer inspecteur, d'abord, puis inspecteur général de l'agriculture et des chemins vicinaux.

En 1858, les fonctions de Secrétaire général du Ministère des Travaux publics lui furent confiées : c'est dans cette position éminente que la mort vint le frapper le 19 mai 1868.

Dans les phases si diverses d'une brillante carrière, M. Bidaut fit toujours preuve des qualités de caractère et d'intelligence qu'elles réclamaient.

Comme ingénieur des mines, il montra en plus d'une occasion la vigueur courageuse et dévouée qu'exigent ces fonctions souvent dangereuses et toujours pénibles.

En 1829, à la suite d'un coup de grisou, dans la couche *Houlleux*, du charbonnage de l'*Espérance* à Seraing, il pénétrait dans les travaux et, traversant les voies éboulées, sous la menace d'une asphyxie toujours possible à cause des interruptions de l'aérage, il procédait au sauvetage de 11 blessés et au transport à la surface de 33 morts.

En récompense de cet acte de courageux dévouement, il reçut la médaille d'or.

Une autre fois, dans une inspection de service du charbonnage Cockerill, surpris par un coup de grisou, il fut brûlé et faillit demeurer asphyxié dans les travaux.

Bidaut était une intelligence aussi pleine de vigueur qu'elle était laborieuse. Déjà en 1830, le savant ingénieur Cauchy faisait l'éloge de l'étendue peu ordinaire de ses connaissances, en lui prédisant qu'il deviendrait un jour un des ingénieurs remarquables de notre pays.

Cette prédiction, Bidaut la réalisa complétement, tant au point de vue de la valeur des travaux qu'on lui doit, qu'à celui de leur nombre et de la variété de leurs objets. On peut s'en convaincre en parcourant la liste suivante de ses plus importantes publications :

Notice sur le percement du canal souterrain de Buret (canal de Meuse et Moselle);

De la houille et de son exploitation dans la province de Namur ;

Du travail des femmes et des enfants dans les mines de houille de l'arrondissement de Charleroi ;

Études minérales : mines de houille de l'arrondissement de Charleroi ;

Mémoire sur la machine d'exhaure à traction directe de la mine de *Bonne-Fortune ;*

Exploitation comparée dans les 2e et 5e districts des mines ;

Essais docimastiques des houilles des arrondissements de Charleroi et de Mons, propres à la fabrication du coke ;

Études des minerais de fer des étages moyen, supérieur et inférieur des terrains tertiaires ;

Mémoire avant-projet et mémoire définitif sur la fertilisation des bruyères de la Campine ;

Rapports sur les écoles d'agriculture et programme de ces écoles (1851-1852 et 1853);

Rapports sur les chemins vicinaux (1852-1853 et 1854);

Rapports sur un nouveau procédé de plantation du sapin ; sur une argile blanche des environs de Spa ; sur le nouveau système de culture Ledocte ; sur la fabrication des briquettes de houille.

Les études de M. Bidaut sur les minerais de fer de la Campine produisirent un résultat très-important pour notre métallurgie : ces minerais, presque inconnus et sans emploi, il y a vingt ans, constituent actuellement une des sources importantes où s'alimente la sidérurgie belge.

Après une période d'indifférence assez longue, ses travaux pour la fertilisation de la Campine anversoise sont aujourd'hui en voie d'exécution.

En 1866, M. Bidaut produisit son projet de barrage de la Gileppe, ayant pour but de créer, au profit des industriels de la vallée de la Vesdre, un réservoir de 12 millions de mètres cubes d'eau. Une de nos grandes villes manufacturières, Verviers, ne trouve pas en

été, dans la rivière la Vesdre, le volume d'eau nécessaire à ses usines, parce que les pluies, rencontrant un sol imperméable, coulent rapidement à la surface en formant des affluents qui n'ont guère plus de durée que la pluie qui leur donne naissance.

Bidaut proposa de barrer une des vallées secondaires au moyen d'un mur gigantesque; les eaux des pluies, arrêtées par cet obstacle, formeront un immense réservoir qui fournira, pendant l'été, l'eau que réclame l'industrie verviétoise; après une étude approfondie, il dressa un projet détaillé qui est aujourd'hui en voie d'achèvement.

Il consacra en grande partie les dernières années de sa vie à cette entreprise, avec un désintéressement qui était un des traits distinctifs de son caractère généreux, et n'ambitionnant d'autre récompense que de voir son œuvre s'achever; il n'en fut malheureusement pas ainsi. Comme le disait le Ministre des Travaux publics, lors de l'inauguration de ce grand travail, « s'il avait pu assister à cette cérémonie, il eût trouvé la légitime récompense d'efforts persévérants, de laborieuses recherches et d'intelligentes conceptions. L'intelligence, le dévouement et le complet désintéressement de Bidaut perpétueront sa mémoire à Verviers, comme le barrage de la Gileppe lui assure la reconnaissance du pays. »

Indépendamment de ces travaux importants qu'il menait cependant de front avec ses fonctions officielles, M. Bidaut fut souvent chargé de missions spéciales, temporaires ou permanentes, auxquelles l'appelaient naturellement l'étendue, la profondeur et la variété de ses connaissances.

C'est ainsi qu'il fit partie de la commission de statistique du Hainaut, du conseil de salubrité publique de la province de Liége, des commissions chargées de

juger les mémoires transmis au concours ouvert à l'occasion du congrès agricole de 1848, et ceux envoyés au concours institué pour la révision des lois sur les cours d'eau non navigables ni flottables, ainsi que de la commission pour étudier le projet de loi sur les cours d'eau.

M. Bidaut fut également membre de la commission centrale de statistique, de la commission de surveillance de l'école vétérinaire de l'État, du conseil de perfectionnement de l'école des mines, et de la commission directrice des *Annales des travaux publics*. Il faisait partie d'un grand nombre d'associations scientifiques, et présida plusieurs années le jury central et le jury combiné pour la faculté des sciences naturelles physiqueset mathématiques.

Les témoignages et les distinctions honorifiques ne firent pas défaut à une carrière aussi brillante. Nous avons rapporté plus haut en quelles circonstances il obtint la médaille d'or, comme ingénieur des mines; en 1838 et en 1842, il fut félicité par dépêche ministérielle, pour sa belle conduite lors des coups d'eaux survenus, le 16 août 1838, à la mine du *Trieu-Kaisin* à Châtelineau, et le 6 juillet 1842 à celle du *Gouffre* dans la même localité.

En 1846, le Roi le nomma chevalier de l'Ordre de Léopold ; en 1857, il le promut au grade d'officier.

M. Bidaut, qui participa à divers traités internationaux relatifs à la navigation, aux postes, reçut en ces occasions diverses distinctions honorifiques ; c'est ainsi qu'il fut nommé grand-officier de la Couronne de chêne, commandeur des membres de l'Ordre royal et distingué de Charles III d'Espagne, commandeur de l'Ordre des Sts-Maurice et Lazare.

Dès les premières années qui suivirent la Révolution de 1830, il avait reçu la Croix de fer, en témoignage de la part qu'il y avait prise.

Les qualités de M. Bidaut, comme homme, ne le cédaient en rien à celles qu'il montra comme ingénieur et fonctionnaire. Nous ne pouvons mieux faire à ce propos que de citer, en terminant cette notice, les paroles prononcées sur sa tombe, par l'un de ceux qui ont été le mieux à même de le connaître :

« M. Bidaut était un esprit véritablement supérieur, un caractère loyal et un cœur ouvert à tous les bons sentiments.

» Dans les relations administratives, il apportait une instruction solide, une expérience consommée, des pensées toujours élevées, un jugement sûr et une droiture à toute épreuve.

« Je ne saurais dire ce qu'il fallait le plus admirer, ou de sa consciencieuse impartialité, ou de la délicatesse de ses sentiments, ou de son talent de conciliation, ou du soin qu'il prenait de mettre en évidence le côté juste et vrai des questions mises en délibération.

» Aussi réussissait-il presque toujours à faire triompher la bonne cause.

» Mais ces qualités brillantes n'étaient rien auprès de sa bienveillance envers le personnel.

» Sous ce rapport, sa bonté était inépuisable, et je pourrais citer une foule d'actions qui donneraient le secret de l'adoration dont il était l'objet ; mais il cachait ses bienfaits avec un soin extrême, et je craindrais d'offenser sa mémoire en les divulguant.

» Qu'il me suffise donc de dire que si l'administration n'aura jamais de meilleur conseiller, et le pays de serviteur plus dévoué, jamais non plus le personnel n'aura de meilleur ami.

» Le nom de M. Bidaut restera parmi nous comme un symbole de bonté, de justice et de loyauté, unies à tous les mérites du fonctionnaire d'élite et du vrai patriote. »

J. G.

VOYAGE

AUX

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

RAPPORT

A M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS [1]

par M. Gustave SCHORN,

INGÉNIEUR DES MINES.

EXPLOITATION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Le territoire des États-Unis renferme d'immenses dépôts de combustibles minéraux, qui s'étendent sur une grande partie de la superficie des trente-quatre États situés à l'est des Montagnes-Rocheuses. Par suite de l'insuffisance de la population, l'exploitation de ces dépôts, bien que progressant rapidement, est loin, jusqu'à présent, d'avoir atteint un développement en rapport avec leur richesse; c'est en Pennsylvanie, et surtout dans la partie orientale de cet état, que l'on trouve les exploitations les plus importantes.

On distingue deux sortes de combustible : la houille proprement dite, désignée sous le nom de charbon bitumineux ou semi-bitumineux, suivant qu'elle est de nature plus ou moins grasse, et l'anthracite.

(1) Pour la première partie de ce rapport, relative aux chemins de fer, voyez t. 29.

Les formations d'anthracite n'occupent qu'une zône d'une étendue assez restreinte, dans la partie nord-est de la Pennsylvanie ; c'est là, cependant, que l'exploitation est la plus active, et ce petit coin de terre produit à lui seul autant de charbon que tout le reste des États-Unis. La nature même du combustible, qui est d'une excellente qualité, et présente à l'usage des avantages sérieux, a contribué à hâter le développement de l'exploitation ; il faut remarquer aussi que la Pennsylvanie, un des plus anciens parmi les États de l'Union, est admirablement située, à peu près au centre de la région qui a été le point de départ de la civilisation américaine, et qui a conservé jusqu'aujourd'hui le premier rang par la densité de sa population et l'activité commerciale et industrielle qui y règne.

A part quelques petits bassins insignifiants dans le Massachussets, le Rhode-Island et d'autres États, les gisements d'anthracite sont enfermés entre 40° 41′ et 41° 15′ de latitude et des longitudes de 0° 20′ et 1° 30′ à l'est du méridien de Washington ; mais il s'en faut de beaucoup qu'ils remplissent tout l'espace compris entre ces limites ; ils occupent une superficie totale d'environ 120,000 hectares, et se divisent en quatre bassins principaux, de forme allongée et étroite dont la direction générale est à peu près de l'est à l'ouest ; ce sont :

1° Le bassin du nord, ou de *Wyoming Valley ;* il a 80 kilomètres de longueur, une largeur moyenne de 6 kilomètres et une superficie totale de 51,000 hectares ; on estime que sa profondeur maxima est de 300 à 450 mètres (1). Il comprend, en allant de l'est vers l'ouest, les districts de Carbondale et de Scranton, formant ce qu'on appelle la région de la Lackawanna, le district de Pittston, et les districts de Wilkes-Barre,

(1) Ce chiffres sont extraits d'un ouvrage intitulé « *Coal Iron and Oil,* » par MM. Daddow et Bannan, de Pottsville.

de Nanticoke et de Shickshenny, formant la région de Wyoming proprement dite.

2° Le second bassin (*middle coal field*), d'une largeur moyenne de 3 à 4 kilomètres, sur une longueur totale de 70 kilomètres, avec une superficie de 23,000 hectares ; il est situé au sud-ouest du précédent ; on y distingue la région de Mahanoy, au sud-est, et celle de Shamokin, au nord-ouest.

3° Le bassin du sud, s'étendant sur près de 120 kilomètres de longueur ; sa largeur moyenne est de 3 kilomètres, sa superficie totale, de 38,000 hectares ; sa profondeur maxima est évaluée à 900 mètres environ. Il comprend, en allant de l'est vers l'ouest, les districts de Nesquehoning, ou Rhume run, et de Lehigh Summit ; les districts de Tamaqua et de Pottsville, formant le bassin du Schuylkill ; le district de Swatara ; à son extrémité ouest, le bassin se bifurque en deux branches : Lykens Valley, au nord, Dauphin fork, au sud. Entre le deuxième bassin et le troisième se trouve un petit bassin détaché, d'une formation très régulière, situé sur le plateau de Broad-Mountain, qui lui a donné son nom.

4° Dans le prolongement vers l'est du deuxième bassin, entre le premier et l'extrémité est du troisième, on rencontre une série de petits bassins dont l'ensemble porte le nom de « Bassins du Lehigh. » Les principaux sont, en allant du sud vers le nord :

Beaver Meadow, Hazelton, Big Black creek, Little Black creek, Green mountain. Les bassins de Big et Little black creek se réunissent vers l'ouest en un seul, appelé Lower Black creek.

La longueur des bassins du Lehigh varie de 11 à 22 kilomètres, leur largeur moyenne, de 600 à 1200 mètres, et leur profondeur, de 150 mètres à 200 mètres au maximum. Ils présentent tous ensemble une superficie d'un peu moins de 10,000 hectares.

Les gisements de charbon bitumineux s'étendent sous une surface très-considérable ; ils n'ont été jusqu'à présent explorés que d'une manière très-incomplète; voici quelques renseignements généraux sur les trois bassins principaux :

1° Le bassin Alleghany, ou Appalachien. Cette grande formation s'étend, du nord-est au sud-ouest, d'une manière plus ou moins continue, depuis le lac Erie jusqu'au golfe du Mexique. Taylor (*Statistics of coal*), estime sa longueur totale à 1,200 kilomètres, sa largeur maxima à 280 kilomètres, et sa superficie à près de 170,000 kilomètres carrés, se répartissant à peu près comme suit entre huit États :

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	SUPERFICIE TOTALE de l'État.	SUPERFICIE OCCUPÉE par le bassin houiller.
	Kilomètres carrés.	Kilomètres carrés.
Pennsylvanie	122,000	39,000
Ohio	115,000	28,500
Maryland.	36,000	1,500
Virginie occidentale	166,000	54,500
Kentucky.	105,000	23,000
Tennessee	116,000	11,000
Géorgie	150,000	500
Alabama	134,000	11,000

2° Le bassin central, divisé en deux parties à peu près égales par le vallée du Mississipi; il s'étend à l'ouest et au sud jusqu'aux rivières Missouri et Ohio; au nord et à l'est jusque vers le parallèle et le méridien de Chicago. Il a au-delà de 500 kilomètres en

longueur et en largeur ; il est réparti entre huit États ; on a fait de sa superficie l'évaluation suivante :

État d'Illinois	90,000	kilomètres	carrés.
» Indiana	26,000	—	—
» Kentucky	13,000	—	—
» Iowa.	62,000	—	—
» Missouri.	54,000	—	—
» Nebraska	10,000	—	—
» Kansas	31,000	—	—
» Arkansas	31,000	—	—
Ensemble.	317,000	—	—

3° Le bassin du nord, beaucoup moins important que les précédents, occupe la partie de l'État de Michigan comprise entre le lac du même nom et le lac Huron. On estime sa superficie à 31,000 kilomètres carrés.

MINES D'ANTHRACITE.

La découverte de l'anthracite remonte à un siècle environ, mais ce n'est qu'après de nombreux essais infructueux qu'on est parvenu à utiliser ce combustible, dont l'allumage est très-difficile. Les premières exploitations un peu sérieuses datent de cinquante ans à peine.

L'anthracite de Pennsylvanie est dur et compacte ; il ne décrépite pas au feu. D'après Johnson (*Report on American coals*), sa densité varie de 1.4 à 1.6 et le poids par mètre cube, de 780 à 900 kilogrammes. L'anthracite, à part les cendres qu'il contient, est du carbone presque pur ; il ne dégage au rouge qu'une quantité de matière volatile variant, suivant les échantillons, de 2 1/4 à 7 p. °/₀ de son poids.

Sous le rapport de leur allure, les couches se comportent à peu près comme les nôtres ; elles présentent presque partout une série de plissements formant alter-

nativement des dressants et des plateurs. Les plateurs sont inclinées au sud, avec une pente très-variable; les dressants sont à peu près verticaux; ils ont ordinairement leur pied au nord, mais il arrive aussi qu'ils sont renversés sur les plateurs; on remarque assez généralement, dans ce cas, que le charbon devient friable et perd beaucoup en qualité; cet effet est souvent assez marqué pour rendre inexploitables les dressants renversés.

La plupart des exploitations n'étant encore parvenues qu'à une faible profondeur, les allures des couches sont assez imparfaitement connues. La coupe de la figure 1 (pl. IV), en donne une idée générale à peu près exacte.

On a cherché à établir entre les couches d'anthracite gisant dans les différents bassins une synonymie qu'on a même voulu étendre aux couches de houille du bassin Alleghany, dont les bassins d'anthracite ne paraissent être qu'une partie détachée. Sans aller aussi loin, je pense que la concordance, bien qu'imparfaite, existant dans la puissance, la composition et les caractères chimiques des veines permet, malgré l'absence de continuité, d'établir avec assez de vraisemblance, au moins approximativement, l'identité des couches d'un bassin à l'autre.

Le nombre total des couches reconnues comme plus ou moins exploitables paraît être de quatorze; elles se divisent en deux séries principales :

La série des veines inférieures, dites « *white ash,* » parce que leur cendre est ordinairement blanche; elle est caractérisée par la grande puissance des veines, qui fournissent un charbon remarquablement dur et compacte, recherché, pour cette raison, pour l'usage des hauts-fourneaux, des bateaux à vapeur, etc.

La série supérieure contient les veines « *red ash,* »

ou à cendre rouge ; elles sont moins puissantes que celles de la première série ; leur charbon est recherché pour la consommation domestique, à cause de la nature des cendres qui sont plus pesantes.

La classification ci-dessus n'est pas tout-à-fait absolue ; parmi les veines de la série inférieure, il en est qui donnent, en tout ou en partie, des charbons à cendre rouge.

Voici, d'après Daddow et Bannan, la série des veines d'anthracite, avec leurs noms les plus usuels, leurs puissances, et les épaisseurs des stampes qui les séparent :

DÉSIGNATION DES COUCHES.			PUISSANCES EN CHARBON			STAMPES
			Maximum.	Minimum.	Moyenne.	moyennes.
			Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
SÉRIE INFÉRIEURE	ou White-Ash.	*A*, ou Alpha	1 20	0 30	0 90	15 00
		B, Buck mountain	9 00	1 80	3 00	38 00
		C, ou Gamma	2 40	0 60	1 50	30 00
		D, Skidmore	3 70	1 20	2 40	23 00
		E, Mammoth	23 00	3 70	7 60 à 9 75	61 00
		F, Holmes	1 80	0 90	1 20	23 00
		G, Primrose	4 90	1 80	3 00	30 00
SÉRIE SUPÉRIEURE	ou Red-Ash.	*H*, Orchard	2 40	1 20	1 80	15 00
		I, Little Orchard	1 20	0 60	0 90	82 00
		J, Diamond	3 00	1 50	2 10	59 00
		K, Tracy	3 70	1 80	2 70	22 00
		L, Little Tracy	1 20	0 60	1 20	40 00
		M, Gate	4 90	1 80	2 70	40 00
		N, Sandrock	1 20	0 60	0 90	»

Il s'en faut de beaucoup que toutes ces veines soient régulièrement exploitées ; quatre d'entr'elles, désignées par les lettres *A*, *C*, *F*, *N*, ne le sont presque jamais.

Les seules couches que l'on travaille à peu près universellement sont : Buck Mountain, Mammoth et Primrose; dans le bassin de Pottsville, on exploite aussi Diamond et Little Tracy; cette dernière couche surtout, quoique peu puissante, est renommée pour sa régularité et l'excellente qualité de son charbon.

.Les deux tiers au moins de l'anthracite produit en Pennsylvanie proviennent de la veine Mammoth; on conçoit, du reste, facilement que, partout où l'on trouve cette veine puissante dans de bonnes conditions de régularité, et aussi longtemps qu'on pourra l'exploiter à des profondeurs modérées, on se dispense volontiers d'exploiter d'autres veines moins avantageuses. La puissance et les caractères de la couche Mammoth sont loin d'être uniformes dans les divers points où elle a été attaquée; elle se compose d'un nombre variable de laies de charbon, séparées par des lits de terre généralement peu épais. Il est rare que l'on tire parti de la totalité du charbon contenu dans la veine; on laisse toujours de côté une ou plusieurs laies, soit parce qu'elles donnent un charbon de qualité médiocre, soit parce qu'elles sont trop faibles, ou séparées des autres par une trop grande épaisseur de terres. La puissance utilisable paraît être en moyenne de 5 à 6 mètres; elle ne descend guère en-dessous de 3 mètres et serait, dans certaines localités, de près de 20 mètres. D'après des renseignements qui m'ont été donnés, le Mammoth, aux mines de *Thomas Coal Company* (bassin du Schuylkill), a une ouverture totale de $14^{m},75$ et contient $11^{m},60$ de charbon exploitable, en dix-huit lits mesurant de $0^{m},15$ à $1^{m},80$ d'épaisseur. On trouvera plus loin quelques détails sur cette veine dans d'autres mines.

EXPLOITATION.

Aux États-Unis, les mines de toute espèce appartiennent au propriétaire du sol ; la terre n'est pas rare dans ce pays, et il n'est pas difficile aux exploitants de se procurer un ensemble de terrains suffisant pour y établir une exploitation fructueuse ; ces terrains (*coal-lands*), sont cependant arrivés à des prix assez élevés ; on m'a indiqué comme valeur moyenne d'un hectare le chiffre de 2,000 francs environ, chiffre qui pourrait même s'élever jusqu'à 10,000 francs pour des terrains riches, dans un emplacement avantageux ; d'autre part, j'ai sous les yeux le bilan d'une grande compagnie où les terrains sont cotés seulement au prix d'achat de 50 francs par hectare.

On trouve à peu près dans chaque district, avec un nombre assez grand de petits propriétaires, une ou plusieurs grandes compagnies possédant de vastes étendues de terrains dont elles exploitent elles-mêmes la totalité ou la majeure partie ; quelquefois elles remettent à bail l'exploitation d'une partie de leur propriété à d'autres sociétés ou à des particuliers. Souvent les grandes compagnies joignent à l'industrie minière l'exploitation de canaux ou de chemins de fer, au moyen desquels elles transportent leurs produits jusqu'aux principaux centres de consommation, ou jusqu'aux grandes artères de communication qui y aboutissent ; elles s'assurent ainsi presqu'un monopole, ou au moins une grande prépondérance, pour l'écoulement de leur marchandise, sur leurs concurrents moins puissants, qui deviennent leurs tributaires.

Comme je l'ai dit, les exploitations d'anthracite se trouvent dans une période peu avancée de leur existence ; profitant des progrès de l'industrie moderne, elles ont pris un développement plus rapide que les

exploitations primitives de notre pays ; les siéges d'extraction sont pourvus d'un bon outillage, et leur production journalière atteint des chiffres importants, mais les procédés d'exploitation laissent à désirer ; par suite de l'abondance même de l'anthracite et de la faible profondeur où on l'extrait, les exploitants ne sont pas toujours suffisamment pénétrés de la nécessité d'utiliser d'une manière complète les ressources naturelles qu'ils possèdent ; cependant, l'attention des hommes du métier commence à s'éveiller sur le gaspillage qui accompagne l'exploitation du combustible, et je ne doute pas qu'on arrive dans un temps assez rapproché à travailler avec plus d'ordre et d'économie, à mesure surtout qu'on pourra mieux se rendre compte de la brêche déjà faite dans les gisements, et qu'on verra l'exploitation des couches puissantes se porter à des profondeurs de plus en plus grandes.

PUITS ET GALERIES.

Le terrain houiller est à découvert sur toute son étendue ; à part la terre végétale et les alluvions du fond des vallées, les couches d'anthracite viennent affleurer à la surface du sol, et sont, par conséquent, d'un accès facile.

En Pennsylvanie, comme à peu près partout ailleurs, les exploitations ont commencé par des travaux au-dessus du niveau naturel des eaux, soit en entrant directement en galerie dans les affleurements des veines, soit en coupant celles-ci par des galeries à travers bancs, ou *tunnels*, partant du flanc des collines ou du fond des vallées. On a même exploité à ciel ouvert ; il n'y a que quelques années que l'on a abandonné la grande carrière d'anthracite du Lehigh, ouverte dans l'affleurement au sud de la veine Mammoth, qui se

développait en plateau à la surface du sol sur une étendue assez considérable, comme on le voit dans la figure 1, pl. IV.

Aujourd'hui encore, un grand nombre de mines sont exploitées par tunnels ; dans beaucoup d'autres on est arrivé à devoir descendre en contre-bas du niveau des eaux, ce qui se fait quelquefois par des puits verticaux, mais bien plus généralement par des galeries inclinées, appelées *slopes*, creusées, soit dans la veine elle-même, soit à travers les terrains stériles. Je ne voudrais pas me livrer à des appréciations hasardées sur des installations que je n'ai pas eu le temps d'étudier d'une manière complète ; cependant, la préférence ordinairement donnée aux *slopes* sur les puits ne me paraît pas tout-à-fait rationnelle. On comprend que ce système puisse être plus avantageux lorsqu'on exploite une seule veine, affleurant à la surface avec une inclinaison régulière, mais beaucoup d'exploitants de la Pennsylvanie semblent convaincus que l'extraction par *slope* présente dans tous les cas plus de facilité et de sécurité que l'extraction par un puits vertical. Cette idée ne me paraît guère applicable au cas où les couches présentent de notables variations d'allures ; je pense qu'à peu près partout l'augmentation de la profondeur rendra nécessaire, dans un avenir plus ou moins rapproché, le creusement de puits en remplacement des slopes.

Daddow et Bannan, dans leur livre déjà cité, donnent les chiffres suivants, relativement au coût en main d'œuvre du creusement des ouvrages dont il vient d'être question :

Puits de $6^m \times 3^m$,	le mètre courant :	fr.	700 à 1,250	en moyenne	1,000	fr.
Slopes en veine	—	—	» 100 à 200	—	140	»
Tunnels de $3^m \times 3^m$	—	—	» 100 à 300	—	200	»

SYSTÈME D'EXPLOITATION.

L'exploitation est ordinairement entamée au moyen de deux galeries de niveau partant du fond du puits ou de la slope, ou de l'extrémité du tunnel; elles marchent parallèlement, à une distance d'une dizaine de mètres l'une de l'autre; l'une sert au roulage et à l'entrée de l'air, l'autre au retour de l'air vicié; elles sont reliées par des percées de distance en distance. De la galerie de roulage partent les tailles, séparées par des piliers qui ont à peu près la moitié de leur largeur.

Les tailles sont le plus souvent montantes, suivant la plus grande pente de la veine; cela dépend du degré d'inclinaison de celle-ci. Lorsque la pente est faible, les wagons qui servent au transport sont amenés jusqu'au front d'abattage; lorsqu'elle est forte, on fait glisser le charbon sur le mur jusqu'au pied de la taille, où il est chargé sur les wagons. Dans les inclinaisons intermédiaires, trop fortes pour être remontées par les wagons vides, trop faibles pour permettre le glissement du charbon, on dispose les tailles suivant la direction de la couche, ou bien sur quartier.

Dans l'exploitation par tailles montantes des couches fortement inclinées, on ménage souvent de chaque côté de la taille une cheminée bien boisée, pour la circulation des ouvriers et du courant d'air ; l'intervalle entre les deux cheminées reste constamment plein de charbon, dont on n'enlève que ce qui est nécessaire pour dégager le front de travail. Lorsque la taille a atteint la limite qui lui est assignée en hauteur, le vide produit reste rempli de charbon que l'on enlève à loisir. Ce système a l'avantage, en conservant dans la mine même de vastes magasins de charbon, de rendre l'abattage et le transport à peu près indépendants l'un de

l'autre ; il permet de régler l'extraction sur les besoins commerciaux, indépendamment du nombre des mineurs dont on dispose, et fournit des ressources en cas de grève de ceux-ci, cas qui ne se produit que trop souvent. Mais, lorsque le toit de la couche n'est pas suffisamment résistant, il arrive qu'il s'affaisse, au bout d'un temps plus ou moins long, sur le charbon en magasin et que l'enlèvement de celui-ci devient impossible; ce genre d'accident paraît être une source de perte assez importante.

Les piliers laissés pendant l'exploitation sont en grande partie abandonnés ; souvent, après l'abandon d'une taille, on reprend en descendant une partie de l'épaisseur du pilier; souvent aussi on cherche à reprendre les piliers après l'épuisement du champ d'exploitation ; en enlevant le pied du pilier, le charbon qui se trouve au-dessus se détache de lui-même sur une certaine étendue; le foisonnement de la masse remplit le vide créé et soutient le restant de la veine, qui continue à s'ébouler de proche en proche à mesure que l'on tire du charbon par le bas. Ce mode de reprise des piliers donne, je pense, des résultats assez incomplets; il suffit, en effet, que la veine devienne plus dure en un certain point, ou que le toit s'éboule, ce qui doit arriver souvent, pour que l'opération se trouve arrêtée.

Dans le bassin du Schuylkill, on emploie quelquefois un procédé analogue pour l'abattage des tailles ; on se borne alors à monter deux cheminées parallèles laissant entr'elles un massif de charbon de la largeur qu'on donne ordinairement aux tailles; on attaque ensuite ce massif par le pied, et toute la veine descend d'elle-même à mesure qu'on charge le charbon dans la voie de roulage. Je ne pense pas que ce système puisse être appliqué d'une manière un peu générale ;

il ne peut se pratiquer que grâce à la réunion de conditions toutes spéciales ; il exige une veine régulière, encaissée dans des terrains résistants, auxquels elle ne doit pas adhérer fortement; l'opération peut à chaque instant se trouver arrêtée par un changement dans la nature de la couche ou des terrains, ce qui doit souvent entraîner des pertes de charbon très-considérables.

Quel que soit le système suivi, il est assez généralement admis que la quantité de charbon extraite de la mine ne représente en moyenne que les deux tiers environ de la quantité totale qui y existait. Sans doute l'exploitation économique des couches puissantes présente des difficultés sérieuses, mais le problème n'est pas insoluble, et il y a lieu d'espérer qu'on arrivera à supprimer le déchet considérable que je viens de signaler, ou du moins à le réduire de beaucoup.

L'abattage de l'anthracite se fait au moyen de la poudre, ordinairement sans havage préalable ; je ne pense pas qu'on ait jamais employé la haveuse mécanique ; il semble, cependant, que l'usage de cet engin serait très-avantageux, vu la grande puissance des veines exploitées, leur dureté et la cherté de la main-d'œuvre.

AÉRAGE.

L'aérage est établi, comme je l'ai dit, au moyen de deux voies principales, au bas de l'exploitation. L'air frais pénétrant par la galerie de roulage monte dans une taille par la cheminée d'un côté, et redescend par l'autre jusqu'à la voie de roulage, pour remonter et redescendre de même dans la seconde taille, et ainsi de suite ; ou bien il passe directement d'une taille à l'autre par des percées à travers les massifs. Après

avoir parcouru toutes les tailles, l'air vicié revient au puits d'appel par la seconde galerie principale.

L'aérage laisse généralement à désirer dans les tailles ; le grisou est assez rare dans les mines d'anthracite ; cependant on en rencontre quelquefois, surtout dans des parties de veine terreuses et friables, désignées sous le nom de « *dirt-veins* » ; mais il ne paraît pas que ce gaz se dégage jamais en abondance suffisante pour devenir une entrave sérieuse à l'exploitation, et pour nécessiter dans l'établissement et la distribution de l'aérage, les soins minutieux que nous sommes obligés d'observer dans nos mines à grisou.

L'appel de l'air est ordinairement déterminé, soit par le tirage naturel, soit par des foyers établis dans les puits ; quelquefois on emploie des ventilateurs à force centrifuge de petite dimension.

APPAREILS D'EXTRACTION.

Les machines employées pour l'extraction de l'anthracite en Pennsylvanie, opérant à de faibles profondeurs, n'ont pas les proportions quelquefois colossales des machines dont on se sert dans nos mines pour le même service. Les dispositions adoptées varient beaucoup ; en voici deux exemples :

Les figures 2 et 3, pl. IV, représentent la disposition générale de la machine d'extraction de *Enterprise colliery* (région de Shamokin). Cette machine sert à l'extraction de l'anthracite dans un puits de 20 mètres de profondeur et à l'élévation des rebuts de l'extraction sur le tas où ils sont déposés ; elle active en même temps l'outillage de l'atelier de triage du charbon.

Le moteur est constamment en marche ; il se compose d'un cylindre à vapeur horizontal dont le piston, de $0^m,30$ de diamètre et $0^m,56$ de course, attaque di-

rectement l'arbre du volant; celui-ci sert de poulie pour la transmission de la force motrice aux appareils de triage.

Le tambour sur lequel s'enroule la corde d'extraction a $1^{m},50$ de diamètre; il reçoit son mouvement, par l'intermédiaire d'une roue d'engrenage et d'un pignon, d'un axe sur lequel est calée une roue de friction à gorge; cet axe est susceptible d'un léger déplacement latéral, de manière à mettre la roue de friction en contact, suivant le sens qu'on veut donner à la marche, avec l'une ou l'autre de deux roues de friction plus petites, placées des deux côtés; l'une est calée sur l'arbre du volant, l'autre sur un arbre parallèle qui porte une roue de friction à jante plate commandée par une roue pareille calée sur l'arbre du volant.

La jante des roues à gorge a la forme d'un double cône; la différence de diamètre entre le milieu et les bords est de 19 millimètres, sur une largeur de $0^{m},15$. Il suffit, pour produire l'embrayage ou le débrayage, d'un déplacement d'un peu plus de 3 millimètres, qui s'obtient au moyen d'un coussinet excentrique que l'on fait tourner avec un levier ou une vis sans fin.

La roue à gorge calée sur l'arbre du volant commande de la même manière le tambour qui sert à élever sur le terris les wagons de refus. La descente de ces wagons à vide se fait sur frein.

Le travail effectué par la machine se compose, outre la force absorbée par les appareils de triage, d'une extraction de 350 tonnes environ à 20 mètres de profondeur, et de l'élévation de quarante wagons contenant chacun 1,600 à 1,800 kilos de refus à une hauteur verticale de 25 mètres, sur un plan incliné de 90 mètres de long. Un seul homme suffit à toute la manœuvre de la machine.

La figure 4, pl. IV, se rapporte à une machine placée

sur un puits de 110 mètres de profondeur, à Tamaqua. Les tambours sont au nombre de deux, tournant en sens inverse; leurs axes sont placés sur une même ligne; leur diamètre est de $2^m,75$, et leur largeur de $1^m,80$. Chacun d'eux est embrassé par un cylindre portant une gorge en hélice dans laquelle se loge la corde; ce cylindre se déplace latéralement sur le tambour, à mesure que celui-ci tourne, de manière que le point d'enroulement de la corde se présente toujours devant le centre du puits; cette disposition a été adoptée pour remédier aux effets du trop grand rapprochement de la machine et du puits Le mouvement latéral du cylindre est produit par trois vis qui portent des pignons commandés par un engrenage central immobile.

Les deux tambours, munis chacun d'une roue d'engrenage cônique, sont attaqués par un même pignon placé au milieu, et dont l'arbre, transversal à celui des tambours, est commandé par deux cylindres à vapeur inclinés à 45°, placés des deux côtés de l'appareil.

La disposition de cette machine est une modification d'un système assez généralement employé, surtout dans le Schuylkill; dans ce système, l'un des deux tambours est placé en arrière de l'autre; ils sont rendus solidaires par des roues d'engrenage planes, dont l'une est attaquée par un pignon calé sur l'arbre moteur.

La nature des vases d'extraction varie suivant les circonstances. Dans les puits, on se sert de cages, qui ne portent généralement qu'un wagon, chargé de 1,500 à 1,800 kilogrammes de charbon. Sur les slopes, on extrait directement les wagons de mine, même avec de fortes inclinaisons, allant jusqu'à 55°; seulement, dans ce cas, on attache sur le dessus du wagon des traverses qui empêchent le charbon de se déverser. Au delà de 55°, les wagons sont placés sur des chariots porteurs.

Les câbles le plus ordinairement employés sont en fil de fer ou d'acier, de section ronde. Voici, d'après un prospectus de MM. Fisher Hazard et C[ie], de Mauch-Chunk (bassin du sud), les dimensions, poids, prix, etc., des cordes qu'ils fabriquent pour servir à l'extraction :

DIAMÈTRE de la corde.	POIDS PAR MÈTRE COURANT		CHARGE permanente.	DIAMÈTRE minimum d'enroulement.	NOMBRE de fils par toron.	PRIX DU KILOGRAMME	
	Âme en chanvre.	Âme en fer.				Âme en chanvre.	Âme en fer.
Millim.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Mètres.		Francs.	Francs.
13	0 45	0 55	400	0 60	7	2 35	2 10
16	0 85	1 00	900	0 90	7	1 65	1 50
19	1 25	1 35	1,500	1 20	7	1 35	1 25
					19	2 25	2 00
22	1 55	1 80	1,800	1 50	7	1 60	1 40
					19	2 00	1 75
25	2 15	2 30	2,450	1 80	7	1 60	1 40
					19	1 80	1 60
28	2 70	3 00	3,350	2 00	19	1 50	1 50
32	3 45	3 90	4,600	2 10	19	1 50	1 40
35	4 40	4 80	5,600	2 50	19	1 50	1 40
38	5 40	6 00	6,500	2 75	19	1 50	1 40
41	6 50	6 90	7,600	2 90	19	1 40	1 35
44	7 50	8 30	9,150	3 00	19	1 35	1 25
48	8 50	9 40	10,700	3 40	19	1 35	1 25
51	9 50	10 50	12,200	3 65	19	1 35	1 25

Les cordes dont il s'agit ici sont en fer de Suède ; ce fer, en verge n° 3, d'un peu plus de 6 millimètres de diamètre, revenait en 1869 à fr. 0 70 environ le kilogramme. MM. Fisher Hazard fabriquaient aussi des cordes en fil d'acier, dont les prix étaient réglés sur les chiffres ci-dessus, majorés de fr. 0 40 par kilogramme.

ÉPUISEMENT.

Les appareils employés pour l'épuisement n'ont rien de bien remarquable; les eaux sont ordinairement élevées au moyen de pompes foulantes. Je signalerai seulement ce fait que les eaux sont souvent très-corrosives, ce qui a conduit d'abord à doubler en bois les tuyaux des colonnes ascensionnelles, et plus tard à employer des tuyaux entièrement en bois. Ils se composent de douves en sapin rouge, de 75 millimètres d'épaisseur, maintenues par des cercles en fer. Ces tuyaux, sous un diamètre de $0^m,40$, résistent, paraît-il, à une pression d'eau de sept atmosphères et demie.

TRIAGE.

L'anthracite n'est pas consommé à l'état de tout-venant; il est vraisemblable que, dans cet état, il ne brûlerait pas convenablement, la circulation de l'air, qui doit être très-active, devant être entravée par le mélange de morceaux de différentes grosseurs et par l'interposition du poussier. Le charbon, au sortir de la mine, subit donc une série d'opérations qui ont pour but de le classer en diverses catégories, d'après la grosseur des fragments, et de le débarrasser du poussier et d'une partie des pierres qu'il contient.

Le charbon passe d'abord sur une grille où l'on sépare les gros morceaux appelés « *lump* » ; tout ce qui traverse la grille est broyé, puis classé sur une série de trommels. Les diverses catégories obtenues portent dans le commerce les noms suivants :

1° *Furnace lump* : grosse gaillette pour hauts-fourneaux ;

2° *Steamboat id.* : gaillette pour les bateaux à vapeur;

3° *Grate* : gailletterie pour foyers industriels.

4° *Egg* : gailletterie d'échantillon un peu plus petit.
5° *Stove* : gailletterie pour foyers domestiques.
6° *Chestnut*, ou gailletin.
7° *Pea*, ou menu.

On appelle *culm* le poussier, qui est rejeté, et dont on forme des tas aux abords de la mine.

La disposition des appareils et les dimensions des ouvertures des trommels qui fournissent les diverses catégories, varient plus ou moins d'un établissement à l'autre, mais l'installation, dans son ensemble, est partout la même, ainsi que la forme générale du bâtiment qui l'abrite, et qui donne aux mines d'anthracite leur physionomie particulière. J'entrerai plus loin dans quelques détails sur l'un de ces ateliers de triage, désignés sous le nom de « *breakers*. »

Pour compléter les notions générales qui précèdent, je crois devoir donner quelques renseignements un peu plus détaillés sur les exploitations de deux grandes sociétés charbonnières.

DELAWARE AND HUDSON CANAL COMPANY, A SCRANTON.

Les exploitations de cette Compagnie sont situées à Carbondale et à Providence, vers l'extrémité orientale du bassin du Nord ; six siéges d'extraction, dont un puits, sont activés par la Compagnie elle-même ; l'exploitation sous une partie de son territoire est remise à forfait à six autres sociétés, dont la principale « *Union coal company*, » extrait par quatre siéges.

Les veines exploitées par la Compagnie sont au nombre de deux ; elles se présentent en plateau, sous une inclinaison très-faible :

La veine supérieure, atteinte par le puits à la profondeur d'environ 100 mètres, est connue sous le nom de « *Diamond* ; » elle est divisée en deux laies par un

banc de charbon pierreux, appelé par les mineurs « *bone,* » ou « *boney* » de 0m,25 d'épaisseur. La laie du toit a 1m,80 à 2m,10 de puissance en bon charbon mélangé de quelques petits filets de schiste; la laie inférieure, de 0m,50 à 0m,60 d'épaisseur, n'est pas exploitée.

La veine inférieure, dite « *Fourteen feet,* » paraît correspondre à la couche appelée « *Mammoth* » ou » *Big vein* » dans d'autres localités. Elle est séparée de la précédente par une épaisseur de 30 mètres de terrain stérile; elle a 3m,65 d'ouverture, et présente une puissance de 3m,15 en bon charbon, divisé en deux laies par un *boney.*

L'exploitation se fait par tailles montantes de 9 à 11 mètres de largeur, séparées par des massifs auxquels on donne la moitié de cette largeur. Contre les voies de niveau principales, les tailles sont rétrécies, de manière à conserver des massifs de 10 mètres d'épaisseur le long de la voie, sur une hauteur de 4m,50.

On emploie à l'abattage un ou deux mineurs par taille; chaque mineur est assisté d'un manœuvre; il est payé d'après la quantité abattue, mais deux bases différentes sont adoptées pour l'évaluation de cette quantité.

Dans les mines de Providence, les mineurs recevaient de fr. 4 40 à 4 50 par wagon fourni, soit 3 fr. par tonne, la contenance des wagons étant de 1,500 kos environ. Un mineur peut faire par jour jusqu'à six wagons; il doit payer son manœuvre, sa consommation en poudre et en huile et l'entretien de ses outils; son salaire net serait donc de 15 à 17 fr par jour de travail, mais la moyenne des salaires restait assez loin en dessous de ce chiffre.

Dans les mines de Carbondale, les mineurs étaient payés à raison de fr. 2 75 à 3 20 par tonne de produit

brut. Les salaires étaient donc à peu près les mêmes qu'à Providence, mais la base du payement était déterminée d'une manière plus précise, et sans grande complication de moyens. Chaque mineur est porteur de dix plaques en fer blanc, sur lesquelles est imprimé un numéro qui lui est propre ; il place une de ces plaques sur chacun des wagons qu'il expédie. Une petite balance à bascule est établie à la surface, entre l'orifice de la slope et le culbuteur; l'ouvrier préposé à la recette, en même temps qu'il pousse le wagon sur la balance, prend la plaque déposée sur le wagon et la glisse dans un guichet qui l'amène sur la table du peseur; celui-ci inscrit alors le poids du wagon en regard du numéro de l'ouvrier qui l'a chargé.

Le transport à l'intérieur des mines se fait par mules ou par chevaux. On employe de préférence les mules, bien qu'elles coûtent un peu plus cher que les chevaux, parce qu'elles résistent mieux au travail et demandent moins de soins. Le prix d'un cheval est d'environ 700 francs, et celui d'une mule, de 700 à 850 francs. Les frais de nourriture sont les mêmes pour les deux espèces et s'élèvent à 2 francs par jour. On estime la charge normale d'une mule à trois ou quatre wagons pleins sur un plan horizontal, ou bien à quatre ou cinq wagons sur un niveau ordinaire, soit en moyenne 6,000 k^{os}, poids mort non compris. Les wagons sont montés sur des roues de grand diamètre: la section des voies intérieures est de 0^{m},90.

Les mines de la Compagnie Delaware et Hudson sont exploitées par des slopes et des tunnels ; l'une d'elles, la mine « *Von Storch* » est desservie à la fois par une slope et par un puits d'extraction. Les cages qui circulent dans celui-ci se déchargent d'elles-mêmes, en arrivant au jour, sans l'intervention d'aucun ouvrier autre que le mécanicien. Les figures 6 et 7, pl. IV,

représentent cette disposition, due à M. Weston, directeur des mines de la Société.

La cage se compose d'un cadre *abcd*, qui se meut entre deux guides en bois *ee*, établis dans le puits. Une plate-forme P, sur laquelle se place le wagon, est suspendue sur un arbre A, fixé vers le bas du cadre, par un double châssis C, C, de manière à pouvoir basculer autour de cet arbre Le châssis C se termine à sa partie inférieure par une coulisse qui permet au cadre de prendre un jeu en hauteur d'environ $0^m,40$ par rapport à la plate-forme. Le wagon est maintenu immobile sur celle-ci par deux fourches F, F', enfilées sur l'arbre A, et dont les branches traversent le plancher pour embrasser les roues. Lorsque la cage arrive au fond du puits, la plate-forme vient reposer sur les taquets ; le cadre, continuant son mouvement, entraîne avec lui les fourches et dégage le wagon vide, que l'on remplace par un wagon plein. Pendant la descente et pendant l'ascension de la cage, la plate-forme est maintenue dans sa position horizontale par deux rouleaux R, R, qu'elle porte sur les côtés, et qui circulent dans un intervalle ménagé entre les guides principaux *ee* et des contre-guides *ff*. Lorsque la cage arrive au jour, chacun des rouleaux R, R, s'engage dans une ornière en fonte *g*, *g*, qui fait prendre à la plate-forme une position inclinée ; elle est en même temps soutenue par deux autres rouleaux R', R', qui s'appuyent contre une joue fixe J. Le fond de devant des wagons est formé d'une porte en tôle suspendue par le haut ; elle est fermée par deux verrous V, V, articulés au milieu de la porte, et qui prennent dans des gâches tenant aux parois latérales du wagon ; en même temps que la plate-forme fait son mouvement de bascule, les extrémités de ces verrous, qui dépassent les gâches, viennent heurter deux buttoirs BB, établis au bord du puits ; les verrous

se soulèvent, la porte du wagon s'ouvre et le charbon se déverse sur un plan incliné.

Il suffit donc, pour décharger le wagon, d'élever la cage à une hauteur déterminée au-dessus de la margelle du puits ; cette hauteur n'est, toutefois, pas une limite stricte du mouvement de la cage, et celle-ci peut, sans qu'il en résulte aucun inconvénient, la dépasser de un ou deux mètres. Lorsque le wagon est vidé, il suffit de faire descendre la cage pour que le tout rentre dans l'état primitif.

Cette installation peut paraître un peu compliquée et sujette à dérangements ; je l'ai vu fonctionner avec une parfaite régularité ; l'élévation et le déchargement d'un wagon demandent en moyenne une minute, pour une profondeur de 128 mètres.

Les cages sont munies d'un parachûte très-simple, basé sur le principe du parachûte Butgenbach ; elles sont suspendues à des cordes rondes en fil de fer, de 32 millimètres de diamètre ; les cordes s'enroulent sur deux tambours de $2^m,40$ de diamètre ; le diamètre des poulies placées au-dessus du puits est de $0^m,83$.

L'extraction sur la slope de la même mine est organisée d'une manière toute particulière ; la description de cette installation peut donner une idée des dispositions adoptées dans beaucoup de mines d'anthracite :

La slope est creusée en roche, sous une inclinaison de 18° ; elle traverse la couche *Diamond*, et se prolonge au-delà à peu près jusqu'au niveau où cette couche a été atteinte par le puits d'extraction dit « *big-shaft* » (fig. 5, pl. IV). Du fond de la slope part un tunnel qui coupe la même couche en pied à proximité du puits. Un sous-bure, dit « *air-shaft,* » partant de la couche *Diamond*, descend jusqu'à la couche *Fourteen feet*, qui a également été atteinte par le grand puits. L'air pénètre dans la mine par la slope, circule dans les tra-

vaux de *Diamond*, et dans ceux de *Fourteen feet*, où il arrive par le sous-bure et remonte ensuite par le puits d'extraction.

L'élévation des wagons pleins et la descente des wagons vides sont deux opérations indépendantes, exécutées au moyen d'appareils distincts : Une machine à vapeur établie à l'orifice de la slope amène au jour les wagons qui ont été chargés dans les travaux de Fourteèn feet et de Diamond ; ceux qui proviennent de cette dernière veine arrivent directement au pied de la slope par le tunnel ; ceux de la couche inférieure sont d'abord élevés au niveau du tunnel par la machine d'extraction du grand puits. L'extraction sur la slope se fait au moyen d'une seule corde. A l'extrémité de celle-ci est attaché un wagon contre-poids qui monte avec chaque train de wagons pleins et sert ensuite à tenir la corde tendue pendant qu'on la laisse redescendre sur frein.

Les trains de wagons vides sont attachés à une corde enroulée sur un tambour pourvu d'un frein, au moyen duquel on les descend dans la mine. Pour enrouler de nouveau la corde sur le tambour, celui-ci est mis en mouvement par la machine du *breaker*, avec laquelle on l'embraye à volonté. Les wagons vides ne descendent sur la slope que jusqu'à l'endroit où elle traverse la couche *Diamond* ; de là ils sont amenés au tunnel par une voie inclinée pratiquée dans cette couche ; des traîneurs (*runners*), sont chargés d'y conduire les wagons, dont les roues sont enrayées. Une balance automotrice est établie dans le puits d'air pour amener de *Diamond* à *Fourteen feet* les wagons vides à destination des travaux de cette dernière veine.

L'aérage de plusieurs des mines est activé par des ventilateurs à force centrifuge enveloppés, de 3^{m},00

de diamètre sur $1^m,20$ de largeur; ils font de 70 à 120 révolutions par minute.

BREAKER DE CARBONDALE.

La planche V représente le *breaker* érigé sur l'une des slopes de Carbondale. Le projet primitif a subi quelques modifications dans le cours de la construction; il en résulte que les dessins ci-joints ne donnent pas tout-à-fait exactement l'état du breaker tel qu'il existe, mais ces modifications n'ont pas d'importance au point de vue qui m'occupe.

L'outillage est activé par une machine à vapeur horizontale établie au niveau du sol; le volant fait office de poulie pour transmettre, au moyen d'une large courroie, la force motrice à un arbre de couche principal, qui la répartit entre les divers appareils.

L'arbre du volant, au moyen d'un pignon avec embrayage, attaque le tambour qui sert à l'extraction sur la slope. Un plan incliné, qui fait suite à celle-ci, amène directement les wagons sortant de la mine sur un palier élevé de 18 mètres au-dessus du sol. Là, ils sont culbutés sur une grille à barreaux espacés de $0^m,15$ à $0^m,20$; les morceaux trop gros pour passer à travers glissent sur un petit palier, où ils sont l'objet d'un nettoyage; on les pousse ensuite sur un long plan incliné qui les conduit aux wagons du chemin de fer.

Les morceaux qui ont traversé la grille sont soumis au broyage; dans les moments où la demande de gros est peu active, la grille est supprimée, et la production passe toute entière au broyeur.

On broye le charbon au moyen de cylindres en fonte dont le pourtour est garni de griffes en acier disposées en quinconce. Le diamètre de ces cylindres varie de $0^m,55$ à $0^m,75$; leur écartement est de $0^m,15$ à $0^m,18$; ils font 150 à 160 révolutions par minute.

Les produits du broyeur sont classés par deux groupes d'appareils disposés symétriquement; chaque groupe se compose de cinq trommels principaux, disposés sur trois étages, et en outre d'une paire de cylindres broyeurs avec un sixième trommel, qui n'est pas indiqué sur la figure, pour le traitement des produits secondaires. Je me bornerai à suivre la marche de l'opération dans l'un des deux groupes, l'autre étant complétement identique.

Le trommel supérieur, qui reçoit directement le charbon venant du broyeur, est en fonte; on lui donne ordinairement une section polygonale; sa paroi est percée d'ouvertures circulaires de 64 millimètres de diamètre. Les refus sont classés dans le « *grate* »; pour le classement ultérieur des morceaux qui passent par les ouvertures, la série d'appareils se divise de nouveau en deux groupes; je ne m'occuperai que de l'un d'eux : sur le second étage se trouve un trommel en fonte, divisé suivant sa longueur en quatre zônes qui présentent des ouvertures de 25, 29, 41 et 57 millimètres de diamètre. On obtient de ce trommel trois catégories de charbon : deux variétés de « *stove* », fournies par les ouvertures de 29 et 41 $^{m}/_{m}$, du « *egg* », qui a traversé les ouvertures de 57 $^{m}/_{m}$, et les refus, qui sont encore classés dans le « *grate* ». Les petits morceaux, qui ont passé par les ouvertures de 25 $^{m}/_{m}$, sont soumis à un dernier classement dans un trommel placé à l'étage inférieur. Ce trommel est en tôle; sa surface présente des cannelures longitudinales de $0^{m},15$ de largeur et de 25 millimètres de profondeur; elle est percée de trous de 11 et de 14 millimètres de diamètre; tout ce qui traverse les trous de 11 $^{m}/_{m}$ est considéré comme « *culm* »; les refus sont du « *chestnut* », le reste du « *pea* ».

Les charbons classés, en sortant des trommels,

tombent dans des chenaux inclinés, longs et étroits, dont le fond est garni de taques en fonte, pour faciliter le glissement. Un, deux ou trois gamins (*slate-pickers*), quelquefois un plus grand nombre, placés l'un derrière l'autre à cheval sur les chenaux d'écoulement, sont chargés de ramasser les pierres mélangées au charbon ; ils les jettent dans des rigoles ménagées entre les chenaux. Les catégories « *pea* » et « *chestnut* » ne sont pas soumises à ce nettoyage. Dans le triage des « *grate* » provenant du premier trommel, on sépare les morceaux où le charbon et la pierre sont mélangés ; ils sont jetés dans un chenal spécial qui les conduit à la seconde paire de cylindres broyeurs ; de là ils passent dans un trommel divisé en trois zônes, avec ouvertures de 11, 14 et 25 millimètres, qui fournissent du « *stove* », du « *chestnut* », du « *pea* » et du « *culm* ».

Les charbons classés, ainsi que les pierres et le poussier, s'écoulent par des chenaux diversement disposés dans des caisses-trémies établies à la partie inférieure du bâtiment du *breaker*. Plusieurs voies de chemin de fer traversent ce bâtiment ; les wagons y circulent pour se placer sous les trémies et charger, suivant les besoins, les diverses catégories de charbon. Pour certaines catégories, le fond de la trémie est garni d'une tôle perforée, afin de faire disparaître les dernières traces de poussier qui pourraient rester dans le charbon.

Les différentes classes de charbon sont obtenues dans les proportions suivantes :

Furnace (gaillette)	10 1/2	pour cent.
Steamboat (id.)	6 1/4	»
Grate (gailleterie)	22 »	»
Egg (id.)	10 3/4	»
Stove (id.)	31 1/2	»
Chestnut (gailletin)	16 3/4	»
Pea (menu)	2 »	»
Divers mélangés	1/4	»

Le total des chiffres ci-dessus ne représente que le charbon marchand sortant du *breaker*. Le déchet au broyage, en poussier et en pierres triées, est d'un tiers environ de la quantité soumise à la préparation. Si l'on tient compte de ce que la quantité extraite de la mine ne représente que 70 p. °/₀ au plus du volume total qui existait sous la superficie déhouillée, on voit que la production utile ne s'élève pas même à 50 p. °/₀ de la valeur détruite dans la mine. Ce que je dis ici n'est en aucune façon particulier à la Compagnie Delaware et Hudson ; il est même probable que dans beaucoup de cas le déchet dépasse le chiffre que je viens d'indiquer. Le remède à cette situation dépend de la solution de deux questions : l'exploitation plus économique des couches d'anthracite et l'utilisation des déchets du triage. De nombreuses tentatives ont été faites pour réaliser ce dernier but par l'agglomération des poussiers, mais il ne paraît pas qu'on soit jamais arrivé à un résultat satisfaisant ; le haut prix de la main-d'œuvre a toujours été un obstacle à la fabrication d'un produit qui pût lutter par le bon marché avec le charbon naturel, dont l'usage est plus apprécié. On a aussi imaginé des foyers qui permettent de consommer directement le poussier d'anthracite pour le chauffage des chaudières, mais là encore je ne crois pas qu'un résultat pratique ait été obtenu.

PERSONNEL, SALAIRES ET PRODUCTION.

Le tableau suivant renseigne, tant pour les mines exploitées par la Compagnie Delaware et Hudson elle-même que pour celles dont l'exploitation est remise à forfait, le personnel et le matériel employés et la production de chaque siége :

	DÉSIGNATION DES SIÉGES D'EXPLOITATION.	PERSONNEL A LA SURFACE			PERSONNEL DANS LA MINE			Personnel total.	Nombre de chevaux et de mules.	Wagons en service dans la mine.	Production moyenne par jour (tonnes de 1016 k°).
		Employés et cont.-maîtres	Conducteurs de chevaux et ouvriers.	Gamins, ramasseurs de pierres.	Mineurs.	Manœuvres des mineurs.	Conducteurs de chevaux et divers.				
Cie DELAWARE ET HUDSON.	Carbondale	14	133	64	168	124	77	580	43	334	827
	Coal Brook	3	46	83	167	78	45	422	36	203	690
	Grassy Island	2	44	45	130	7	44	272	26	170	364
	Olyphant	8	89	117	183	132	115	644	74	326	1,092
	Legitt's creek	4	31	45	88	88	66	322	24	115	520
	Von Storch	3	51	66	114	84	150	468	51	215	670
	Employés et ouvriers divers	79	»	»	»	»	»	79	»	»	»
	Total	113	394	420	850	513	497	2,787	254	1,363	4,163
UNION COAL C°.	Mill crek	2	54	34	75	36	46	247	30	170	486
	Baltimore, tunnel n° 1	2	30	52	39	40	20	183	16	160	500
	— puits n° 2	3	43	31	36	17	30	160	25	137	339
	— slope n° 3	2	37	47	40	43	30	199	13	100	347
	Total	9	164	164	190	136	126	789	84	567	1,672
AUTRES ENTREPRENEURS.	John Jermyn	9	72	110	200	50	77	518	48	200	674
	Eaton & C°	3	34	65	106	80	44	332	36	175	512
	Boston & Lackawanna Coal C°	2	25	68	104	33	33	265	24	110	353
	Elkhill Coal C°	5	20	42	47	49	34	197	23	98	242
	Filer & C°	2	18	32	15	15	8	90	8	24	100
	Total	21	169	317	472	227	196	1,402	139	607	1,881
	TOTAL GÉNÉRAL	143	727	901	1,512	876	819	4,978	477	2,537	7,716

Les chiffres ci-dessus se rapportent à la fin de l'année 1868; voici, pour la même époque, les salaires moyens des principales catégories d'ouvriers, tant à la surface qu'à l'intérieur :

Intérieur :	Mineurs à la journée	par jour,	fr.	9 50
	Manœuvres des mineurs	»	»	7 00
	Conducteurs de chevaux	»	3 00 à	4 55
	Gamins préposés aux portes d'aérage	»	»	2 35
	Ouvriers à l'entretien des galeries .	»	»	6 85
	Poseurs de rails	»	»	9 50
	Traîneurs *(runners)*	»	»	6 85
	Chargeurs au pied des slopes et puits	»	»	7 40
	Boiseurs	»	»	9 30
	Aides-boiseurs.	»	»	7 40
	Pompeurs et baqueteurs.	»	6 65 à	7 00
Surface :	Contre-maîtres.	»	»	11 00
	Peseurs *(Ticket-boss)*.	»	»	7 20
	Charpentiers	»	8 35 à	10 45
	Forgerons	»	»	10 45
	Mécaniciens (payés par mois) . .	»	7 60 à	10 25
	Chauffeurs	»	»	6 65
	Manœuvres.	»	»	6 65

Le prix de revient moyen du charbon marchand, chargé sur wagons, était de fr. 6 75 la tonne. Les frais de triage, compris dans ce chiffre, s'élevaient à fr. 1 15.

Les prix de vente à la même époque étaient :

Pour la gaillette et la gailleterie (*stove* compris) . .	fr.	11 00 à 12 50	la tonne.
Chestnut	»	9 50 à 10 60	»
Pea.	»	5 70	»

Soit, en moyenne, en tenant compte des proportions indiquées ci-dessus pour les diverses catégories, fr. 10 50 à 12 00 la tonne.

Je dois faire remarquer que les chiffres que je viens de rapporter ne peuvent être pris pour base d'une appréciation de l'ensemble des opérations. En effet, malgré le taux rémunérateur des salaires, ou à cause

de ce taux, les grèves sont fréquentes parmi les ouvriers mineurs, et durent souvent très-longtemps. D'autres circonstances, par exemple l'interruption de la navigation par les glaces pendant une bonne partie de l'hiver, contribuent aussi à diminuer le nombre des jours de travail effectifs. Ainsi, la production journalière ci-dessus indiquée fournirait pour une année, à raison de 300 jours de travail, au-delà de 2,300,000 tonnes de charbon, tandis que la production totale de 1867 ne s'est élevée qu'à 1,500,000 tonnes. En tenant compte, même largement, de l'accroissement probable de la production de 1867 à 1868, on peut admettre que le nombre réel de jours de travail ne dépasse guère 230 par an.

Ces circonstances doivent agir d'une manière notable sur le prix de revient général ; elles ont aussi une grande influence sur les prix de vente, qui sont sujets à des fluctuations considérables d'une année à l'autre, et dans le cours d'une même année.

LEHIGH COAL AND NAVIGATION COMPANY.

La Compagnie *Lehigh coal and navigation* est propriétaire de l'extrémité est du bassin sud, sur une longueur d'environ 18 kilomètres, depuis Mauch-Chunk, sur la rivière Lehigh, à l'est, jusqu'à peu de distance de Tamaqua, sur la rivière Schuylkill, à l'ouest. Le territoire de la Compagnie, dont la superficie totale est de 2,750 hectares, comprend en largeur toute l'étendue du bassin houiller, qui ne dépasse pas 2,400^{m}.

On y trouve les deux séries de couches dont j'ai parlé précédemment. Les couches de la série supérieure, ou *red-ash*, ont été complétement négligées jusqu'à présent, à cause de leur peu de puissance ; peut-

être y reviendra-t-on plus tard. La série inférieure, ou *white ash*, comprend sept veines reconnues, désignées, d'après la nomenclature de Rogers, par les lettres A, B, C, D, E, F, G. Quatre d'entr'elles seulement sont considérées comme exploitables ; ce sont, en commençant par le bas :

1° B, ou *Rotten vein*, d'une ouverture de 2 à 3 mètres, et d'une puissance utile de 1m,70 en moyenne.

2° E, ou *Mammoth*. La puissance et la composition de cette couche sont très-variables ; son ouverture est, en général, de 9 à 17 mètres ; elle atteint quelquefois 35 mètres, mais l'épaisseur en charbon exploitable reste beaucoup en dessous de ces chiffres ; la couche est généralement divisée en un assez grand nombre de lits, qui ne sont exploités que lorsque leur épaisseur dépasse 0m,45, et encore pour autant qu'ils ne soient pas séparés par une trop grande quantité de matière stérile. En moyenne, on estime à 6 mètres la puissance utile de la couche *Mammoth*.

Les chiffres suivants indiquent en détail la composition de la couche, telle qu'elle a été atteinte par le tunnel n° 9 de Summit hill, mais sa puissance en cet endroit dépasse notablement la moyenne :

	MÈTRES.
Charbon mêlé de terre, au toit de la couche	4,250
Laie de charbon dite « *Seven feet vein* »	2,150
Terres	0,025
Laie de charbon	0,600
Terres	0,025
Laie de charbon	0,600
Terres	0,050
Laie de charbon « *Five feet vein* »	1,500
Terres	0,025
Laie de charbon « *Slaty vein* »	1,200
Terres	0,100
Laie de charbon « *Clear vein.* »	0,900
Terres	0,050
Laie de charbon « *Grey vein* »	0,900

	MÈTRES.
Schiste	0,600
Laie de charbon	1,200
Schiste	0,450
Laie de charbon, au mur de la couche	0,900

La puissance en charbon exploitable est donc d'environ 10 mètres, sur une ouverture totale de 15^m,50.

3° F, désignée sous les noms de *Red-ash, Primrose, Pencil, North vertical,* de 3^m,35 d'ouverture; la puissance en charbon est d'environ 2^m,50, en deux laies.

4° G, ou *Brown coal,* ayant une ouverture de 2 à 3 mètres, dont 1^m,50 de charbon exploitable.

De ces quatre couches, il n'y a guère que la deuxième et la troisième qui soient régulièrement exploitées.

La plupart des renseignements qui précèdent, ainsi que la coupe de la figure 1, sont empruntés à un rapport adressé en 1869 à la Compagnie du Lehigh par M. R. P. Rothwell, ingénieur à Wilkes-Barre. Cette coupe est prise perpendiculairement à la direction générale des couches, vers le milieu de la longueur du territoire de la compagnie; on y voit l'emplacement de l'exploitation qui a été faite autrefois à ciel ouvert sur l'affleurement sud de la couche *Mammoth.* Cette coupe est en grande partie hypothétique, car les affleurements seuls sont convenablement reconnus ; je crois cependant pouvoir la donner comme représentant d'une manière assez approchée la configuration du bassin.

Douze siéges d'extraction existaient en 1868 sur la propriété de la Compagnie du Lehigh ; il y avait en activité cinq slopes et quatre tunnels; une slope, un tunnel et un puits étaient inactifs.

On exploite par tailles montantes de 9 mètres de largeur, avec massifs de 4^m,50 d'épaisseur ; quelquefois, en vue de reprendre les massifs, on leur donne

une largeur égale à celle des tailles, mais la reprise des massifs paraît donner lieu à un déchet considérable.

L'abattage de la veine, y compris le chargement du charbon sur les wagons de mine, était payé à raison de fr. 2 50 à 4 00, en moyenne fr. 2 85 par wagon contenant 1,800 à 2,000 kilos, soit fr. 1 50 les mille kilos. Le salaire des ouvriers mineurs, au commencement de 1868, était de fr. 8 50 par jour, et s'est élevé dans le courant de l'année à fr. 10 50. Les manœuvres à l'intérieur recevaient de fr. 5 70 à 9 00 par jour, et les manœuvres à la surface, de fr. 6 00 à 6 60.

Le transport, dans une partie des travaux du tunnel n° 5, était effectué par une petite locomotive dont la figure 10, pl. VI, représente la disposition; elle est portée par une plate-forme reposant sur quatre roues motrices. A un bout se trouve une petite chaudière horizontale à foyer intérieur, avec retour de flamme tubulaire; deux cylindres moteurs et un réservoir d'eau occupent l'autre extrémité; le mécanicien est placé au milieu. Le tout est couvert d'un toit en tôle, au niveau duquel est arasée la cheminée qui sert au dégagement des gaz du foyer. La pression dans la chaudière est de 5 $^1/_2$ à 6 atmosphères; les cylindres moteurs ont $0^m,15$ de diamètre et $0^m,26$ de course; ils sont disposés à peu près verticalement et attaquent par l'intermédiaire d'un pignon et d'une roue d'engrenage, l'un des essieux moteurs, qui commande l'autre au moyen de bielles d'accouplement. Le poids de la machine en charge est de 5,000 kilos; elle mesure à l'extérieur $3^m,65$ de longueur et $1^m,32$ de largeur; sa hauteur totale au-dessus du rail est de $1^m,83$. Les rails pèsent 20 kilos par mètre; ils sont écartés de $1^m,07$.

La fig. 11, pl. VI, représente l'ensemble de la disposition de la mine; la locomotive ne pénètre pas dans les travaux d'exploitation proprement dits; elle circule

seulement sur le tunnel principal *ab*, et sur une galerie *bc*, pratiquée dans une veine supérieure à celle qu'on exploite; celle-ci est recoupée par un second tunnel *cd*, dans lequel se trouve une porte qui isole l'aérage des tailles de celui du tunnel principal. Deux percées en veine (*air-hole*), aboutissant à la surface du sol, servent, l'une à l'entrée, l'autre à la sortie du courant qui parcourt les tailles. Le tunnel principal est balayé par un courant venant du jour; la galerie *bc* reçoit, à travers la porte du tunnel *cd*, un filet d'air emprunté au courant de l'exploitation. L'air vicié par les fumées de la locomotive est évacué par une slope S, que l'on se proposait de remplacer par une autre slope S', placée près du tunnel *cd*, de manière à séparer entièrement les deux systèmes de ventilation.

Cette application de la locomotive au transport dans l'intérieur des mines est, comme on le voit, réalisée d'une manière très-simple, grâce à la grande section des voies de transport, et à la disposition des lieux, qui a permis d'isoler complétement l'aérage des deux parties de la mine, grâce aussi à la nature peu inflammable du combustible.

J'emprunte à un prospectus des constructeurs, MM. Grice et Long, de Philadelphie, les données suivantes, basées sur les constatations faites après un service de deux mois, relativement aux résultats économiques de l'emploi de la locomotive :

Le parcours total de la machine se compose d'une longueur de 1,700 mètres dans l'intérieur de la mine, et de 600 mètres au jour, entre le *breaker* et l'orifice du tunnel, en tout 2,300. La vitesse maxima est de 15 kilomètres à l'heure, mais cette vitesse est loin d'être atteinte dans la mine. Les trains étant composés de quinze wagons, la machine pourrait fournir une

extraction de 340 wagons par jour ; le même transport au moyen de mules nécessiterait le travail continu de trois attelages de sept mules traînant chacun vingt wagons à la fois ; il faudrait, par suite, établir dans la mine trois évitements au lieu d'un ; le matériel roulant nécessaire sera de cent wagons si la traction est faite par des mules, et de cinquante wagons seulement en employant la locomotive. En partant de ces chiffres, on établit comme suit la comparaison entre les deux modes de transport :

Frais de premier établissement.

TRANSPORT MÉCANIQUE.		TRANSPORT PAR MULES.	
Une locomotive . .	fr. 12,000	21 mules à fr. 750 .	fr. 16,000
Cinquante wagons de mine	» 23,500	Cent wagons de mine	» 47,000
Un évitement . . .	» 3,500	Trois évitements. .	» 10,000
Total . .	fr. 39,000		fr. 73,000

Dépenses journalières.

TRANSPORT PAR LOCOMOTIVES.		TRANSPORT PAR MULES.	
Un mécanicien. . .	fr. 13 25	Nourriture et entretien de 21 mules .	fr. 80 00
Un aide	» 4 75	Salaire de trois conducteurs . . .	» 24 00
Combustible, graisse, entretien. . . .	» 6 00	Entretien de la voie en plus (un ouvrier)	» 7 50
Total par jour:	fr. 24 00		fr. 111 50

Il est possible que l'auteur de ces calculs ait vu les choses un peu trop en beau ; même en en rabattant beaucoup, il resterait encore une marge notable en faveur du transport mécanique. La Société du Lehigh était fort satisfaite des résultats de son innovation, et se proposait de mettre immédiatement en service deux nouvelles locomotives à d'autres siéges d'extraction.

TRIAGE.

Je n'ai rien de particulier à dire des appareils de classement employés aux mines de la Société du Lehigh; leur disposition et l'ensemble du *breaker* ne présentent pas de différences importantes avec l'installation de Carbondale, que j'ai décrite précédemment.

Les ouvertures des trommels et des grilles ont les dimensions suivantes :

Pour la gaillette (*lump*), une grille à barreaux écartés de			102	millimètres.
Pour les *grate*, des trommels avec ouvertures de			57	—
— *egg*,	—	—	44	—
— *stove*,	—	—	29	—
— *chestnut*,	—	—	16	—
— *pea*,	—	—	5	—

Tout ce qui traverse les ouvertures de 5 millimètres est rejeté comme poussier.

PRODUCTION ET PRIX DE REVIENT.

La production totale des mines de la Compagnie du Lehigh, pendant l'année 1868, a été de 450,000 tonnes; le prix de revient par tonne était comme suit :

A l'intérieur, y compris le transport et l'extraction :	fr.	3 75
Triage du charbon.	»	1 90
Total . . .	fr.	5 65

Le bénéfice net sur l'exploitation des mines, pendant la même année, a été d'environ 1,240,000 francs, soit fr. 2 80 par tonne.

M. Rothwell, dans le rapport précité, donne les chiffres suivants, relativement à la richesse totale en

charbon de la propriété de la Compagnie, et au parti qui en a été tiré.

	TONNES DE 1,016 KILOS
La quantité totale d'anthracite exploitable existant primitivement dans la propriété est évaluée à	472,000,000
La surface déjà exploitée correspond à.	39,000,000
La quantité de charbon livrée au commerce depuis le début de l'exploitation est d'un peu moins de . . .	12,000,000

et ne représente par conséquent que 30 p. °/₀ de la richesse détruite dans la mine.

La perte serait donc de 70 p. °/₀, bien supérieure, par conséquent, au chiffre que j'ai indiqué précédemment, mais ce dernier ne représentait que les piliers abandonnés dans la mine et le déchet au triage, tandis que le chiffre de 70 p. °/₀ comprend en outre des pertes résultant d'autres causes, telles, par exemple, que la non-exploitation de lits de charbon trop minces, ou de qualité jugée inférieure, l'abandon de portions du champ d'exploitation, etc.

MINES DE HOUILLE.

Je ne parlerai pas du grand bassin central, ni du bassin du Michigan ; je n'ai pas eu l'occasion de m'en occuper ; ils sont, du reste, de découverte assez récente, et peu connus encore.

Le bassin Alleghany présente un vaste plateau, découpé par diverses vallées plus ou moins profondes ; les stratifications forment des plateurs faiblement inclinées, de même que dans la plupart des gisements de charbon bitumineux des États-Unis. Les couches de houille présentent donc leurs affleurements sur le flanc des vallées, et on y pénètre directement par des galeries de niveau ou des slopes peu profondes. Dans certains cas, les veines sont découvertes par des tunnels,

mais je ne sais pas s'il a déjà été creusé des puits pour l'exploitation.

Le nombre des couches existant dans le bassin Alleghany ne paraît pas exactement connu ; d'après Daddow et Bannan, il y en aurait douze en tout. Trois d'entr'elles seulement seraient exploitables : la couche inférieure, de $1^m,80$ de puissance en charbon, et les couches dites ***Freeport bed*** et ***Pittsburg coal***, toutes deux de 3 mètres d'épaisseur. Il existe en outre trois couches de ***cannel-coal***, assez généralement exploitables, qui alternent avec les couches de houille.

Les exploitations ne présentent pas grand intérêt au point de vue technique ; je me bornerai donc à quelques données générales puisées à diverses sources, et à quelques renseignements locaux recueillis dans les mines que j'ai visitées ; ces mines appartiennent à trois bassins différents (en prenant le mot bassin plutôt dans le sens géographique que dans l'acception géologique, car chacun d'eux n'est qu'une partie du bassin Alleghany).

BASSIN DU MAHONING.

La région du Mahoning est située dans l'État de l'Ohio, sur les confins de la Pennsylvanie. La petite ville de Youngstown, centre industriel de cette région, se trouve à vingt lieues environ au sud de Cleveland.

Le professeur J. S. Newberry, dans un mémoire publié en 1865, donne les résultats de ses explorations sur le nombre, la puissance et la qualité des couches existant dans le bassin du Mahoning, qui forme l'extrémité nord-ouest du bassin Alleghany. Ces couches sont, en commençant par le bas de la formation :

1° ***Briar hill coal***, d'une puissance de $1^m,40$, se décomposant en une laie supérieure de $0^m,30$, et deux

laies inférieures de $0^m,55$; la couche a pour toit et pour mur un schiste propre à la fabrication des produits réfractaires, Le charbon contient 61 p. °/₀ de carbone fixe, 36 p °/₀ de matière volatile, et 3 p. °/₀ de cendres ; il se gonfle très-légèrement au feu, et s'emploie à l'état cru dans les hauts-fourneaux ; le charbon de la laie du mur convient particulièrement pour cet usage ; cependant on extrait généralement en mélange le produit des trois laies.

2° *Black band vein* ou *Shaft coal*. Elle se compose de deux laies de charbon ; la laie supérieure a $0^m,60$ à $0^m,90$ d'épaisseur, la laie inférieure $0^m,10$ à $0^m,30$; elles sont séparées par un banc de $0^m,20$ à $0^m,60$ d'épaisseur de *black-band* très-bitumineux, contenant cru de 27 à 30 p. °/₀ de fer. Le mur de la couche est de la terre réfractaire ; on trouve encore dans le toit une bande de $0^m,15$ à $0^m,45$ de minerai de fer d'une teneur de 38 à 45 p. °/₀, séparée de la couche par trois mètres de schiste, auquel s'ajoute quelquefois un banc de calcaire dont l'épaisseur ne dépasse pas $0^m,90$.

Le charbon contient de 52 à 57 p. °/₀ de carbone fixe, 40 à 44 p. °/₀ de matière volatile, et environ 4 p. °/₀ de cendre. Le charbon de la laie inférieure peut être employé cru au haut-fourneau.

3° *Bruce vein* ou *Infelt's coal*, d'une puissance de $0^m,90$; le charbon donne 42 p. °/₀ de carbone fixe, 46 ½ p. °/₀ de matière volatile et 11 ½ p. °/₀ de cendre ; il contient une assez grande quantité de soufre.

4° Une veine de $1^m,50$ de puissance, fournissant tantôt de la houille, tantôt du *cannel coal*, qui contient de 39 à 47 p. °/₀ de carbone fixe et de 12 à 19 p. °/₀ de cendre ; il donne de 22 à 31 mètres cubes de gaz par cent kilogrammes.

5° Une veine de $0^m,45$, qui n'est qu'exceptionnellement exploitable.

6° La grande veine, d'une puissance de $2^m,20$, peu exploitée.

7° Une veine de $0^m,60$ à $0^m,75$ d'épaisseur, qui termine la série des couches reconnues ; elle a pour toit du *black-band*, contenant une proportion très-variable de rognons de carbonate de fer. La teneur de ceux-ci est de 43 p. °/₀, et celle du *black-band* cru, de 23 p. °/₀. On utilise surtout les deux couches inférieures, qui sont assez largement exploitées dans les environs de Youngstown pour l'alimentation des hauts-fourneaux de cette localité.

J'ai visité dans le bassin du Mahoning une mine appartenant à *Burnett coal compagny;* la veine inférieure y est exploitée sous le nom de « *Bonnell bank* ». Une slope, de 70 mètres de longueur, inclinée à 14°, est pratiquée dans la veine. Une machine à vapeur y est établie pour l'élévation des wagons pleins; on laisse redescendre les wagons vides, au moyen d'un frein appliqué sur le tambour d'extraction, que l'on débraye de la machine.

On exploite par tailles montantes de 8 mètres de largeur, séparées par des piliers de $2^m,75$ à $4^m,50$ d'épaisseur ; contre les voies de niveau principales, on laisse aux piliers une largeur de 7 mètres.

L'abattage était payé à raison de fr. 2 65 à fr. 3 40 par tonne de 950 à 975 kilog. ; la poudre, la lumière et les outils sont à la charge de l'ouvrier ; un mineur peut abattre par jour de 3 à 4 tonnes de charbon, ce qui porterait son salaire brut à fr. 10 50 environ. Les conducteurs de chevaux recevaient par jour fr. 8 50. Il y a donc relativement peu de différence entre le salaire d'un mineur et celui d'un manœuvre ; c'est là un fait qui est assez général aux États-Unis, mais que l'on constate surtout dans les États de l'ouest, et qui s'explique assez naturellement par la rareté des bras.

La mine de Burnett produisait par jour 270 à 360 tonnes de charbon ; le prix de revient était d'environ fr. 8 40, et le prix de vente, sur le carreau de la mine, de fr. 12 60 ; le transport jusqu'à Youngstown, pour une distance d'environ deux lieues, revenait à fr. 2 50 par tonne.

BASSIN DE PITTSBURG.

La ville de Pittsburg, admirablement située au confluent des rivières Monongahela et Alleghany, qui se réunissent pour former l'Ohio, est le centre de la principale région de production du charbon bitumineux. A part quelques exportations, peu importantes relativement au commerce extérieur des bassins d'anthracite, et dont les principales sont dirigées vers l'aval de l'Ohio, la production est absorbée par la consommation locale, qui est considérable, grâce au grand développement qu'a pris l'industrie du fer dans cette région.

Le « *Quartely Trade circular* », publié par M. Thurston, président de la Chambre de commerce, me fournit quelques renseignements généraux sur l'industrie de la houille dans le bassin de Pittsburg. M. Thurston divise ce bassin en cinq groupes ; les courants commerciaux, déterminés par les voies de transport, ont servi de base à cette division, entièrement arbitraire au point de vue géologique :

1° Groupe de la rivière Monongahela.

2° Groupe de la rivière Youghiogheny (affluent de la Monongahela).

3° Groupe de la rivière Alleghany.

4° Groupe du chemin de fer Pennsylvanie-Central.

5° Groupe de la ville de Pittsburg.

Les chiffres suivants, bien qu'incomplets, permettent d'apprécier l'importance relative de chaque groupe et l'importance de l'ensemble.

DÉSIGNATION DES GROUPES.		MONONGAHELA.	YOUGHIOGHENY	ALLEGHANY.	PITTSBURG.	Chemin de fer PENSYLVANIE	ENSEMBLE.
Nombre de houillères en 1865		69	22	2	10	?	103
Etendue des terrains exploités . . . hectares.		5,158	1,572	584	628	562	8,504
Nombre d'ouvriers attachés aux mines		3,485	839	450	1,240	410	6,424
Population totale dépendant des mines		16,950	4,195	2,000	5,765	2,050	30,960
Prix de revient par °/₀₀ kilos sur bateaux . . . fr.		7 35	7 33	?	?	?	?
Production en tonnes de 1,000 kilos : 1° Exportation par l'Ohio. 2° Consommation locale 3° Production totale	1864	1,072,000					
		201,000	133,000	66,000	133,000	155,000	1,760,000
		1,273,000					
	1865	1,198,000					
		236,000	145,000	?	?	?	?
		1,434,000					
	1866	1,260,000					
		286,000	233,000	?	?	?	?
		1,546,000					
	1867	842,000					
		249,000	274,000	?	?	?	?
		1,091.000					

Voici quelques détails sur l'exploitation d'une mine que j'ai visitée à Brady's Bend, village situé sur l'Alleghany, à vingt-deux lieues de Pittsburg; elle appartient à la Société des hauts-fourneaux et laminoirs de Brady's Bend, et est exclusivement réservée pour l'alimentation des usines établies dans la même localité.

De même que dans toute l'étendue du bassin Alleghany, le terrain houiller se compose de couches de houille, de minerai de fer et de terre réfractaire, alternant avec des bancs de schiste, de grès et de calcaire; toutes les matières premières nécessaires à la fabrication du fer se trouvent donc réunies.

On exploite deux couches de houille : la couche supérieure « *Summit coal* », a une ouverture de $1^m,20$, y compris un lit de schiste de $0^m,25$ d'épaisseur. La couche inférieure « *Furnace coal* », a $0^m,90$ de puissance en charbon assez sale. Les deux veines, surtout la dernière, contiennent une notable proportion de pyrite. Elles sont séparées par une stampe de 60 mètres; à 10 mètres en-dessous de *Summit coal*, on trouve une couche de $0^m,30$ à $0^m,60$ de minerai carbonaté contenant cru 36 p. °/₀ de fer. Les trois couches ont pour mur de la terre réfractaire sur une épaisseur de $1^m,20$ à $1^m,50$.

La stratification est horizontale, à peu de chose près; les couches affleurent au versant de la vallée; chacune d'elles donne lieu à une exploitation séparée, par une galerie de niveau qui y pénètre directement.

On exploite la houille par tailles de $6^m,50$ de largeur, séparées par des piliers de $5^m,50$, qui sont repris en partie. L'abattage se payait à raison de fr. 2 20 par tonne; un mineur pouvait gagner par jour de 6 à 7 francs. Le prix de revient était de 3 francs par tonne, tout compris; la production des deux couches s'élevait à environ 350 tonnes par jour.

L'abattage du minerai de fer coûtait 5 francs par tonne ; il se fait sur une ouverture de 1^m,20 à 1^m,50, prise en partie dans le toit et le mur ; on ne laisse aucun massif, et on remblaye complétement les vides au moyen de la roche stérile. Le prix de revient du minerai grillé, rendu au gueulard des hauts-fourneaux, était d'environ fr. 7 50 par tonne soumise à la calcination.

BASSIN DE FROSTBURG.

Le bassin de Frostburg, ou de Cumberland, se trouve dans l'État de Maryland, le long de la limite sud-est du bassin Alleghany. La petite ville de Cumberland, située sur le chemin de fer Baltimore-Ohio, à environ 60 lieues de Baltimore, est le centre commercial du bassin, bien qu'elle soit située en-dehors. Un chemin de fer local, le *Cumberland-Pensylvanie,* part de Cumberland pour aboutir de nouveau à Piedmont au Baltimore-Ohio, après avoir traversé le bassin sur un développement de 11 lieues.

Le bassin de Frostburg est d'une médiocre étendue ; sa longueur est de 32 kilomètres suivant la direction des couches, c'est-à-dire du nord-est au sud-ouest, et sa largeur, de 6,500 mètres environ. Sa concavité est peu prononcée ; les couches ont en moyenne 6°, et au maximum 12° d'inclinaison ; le pays est très-accidenté ; les exploitations sont établies dans une vallée abrupte sur les deux flancs de laquelle se montrent les affleurements des couches.

En 1868, les gisements de ce bassin étaient exploités par vingt-six compagnies ; voici quelques renseignements concernant les mines de Consolidation Coal C°, l'une des principales d'entr'elles :

La formation houillère consiste principalement en schiste, avec quelques bancs de grès et quatre bancs

de calcaire, de 2 à 3 mètres de puissance, qui fournissent une castine très-estimée. On trouve en outre dans les assises inférieures du terrain houiller une couche de terre réfractaire d'excellente qualité; les produits réfractaires fabriqués à Mount-Savage, près de Frostburg, se rangent parmi les meilleurs des États-Unis.

Trois couches de houille, sans parler de nombreuses veinettes, ont été reconnues sur les terres de la compagnie. Les deux couches inférieures ne sont pas exploitées, l'une, parce qu'elle n'a que $1^m,20$ d'épaisseur, l'autre, de $1^m,80$ de puissance, parce que le charbon n'est pas de bonne qualité.

On n'exploite donc qu'une seule veine, appelée « *Great seam* » ou « *Fourteen feet vein.* » Elle se divise en trois parties : au toit, une laie de charbon, inexploitable à cause de sa mauvaise qualité; au mur, trois laies ayant ensemble une épaisseur de $1^m,00$ à $1^m,20$; elles sont très-variables en qualité, et, pour cette raison, ne sont pas exploitées d'une manière continue. Au milieu se trouve une couche de $3^m,00$ à $3^m,60$ d'épaisseur, qui alimente ordinairement l'exploitation ; elle fournit un charbon de bonne qualité, ne contenant que des traces de soufre.

La compagnie possédait trois mines, dont l'une « *Old Frostburg* » était à peu près inactive ; les deux autres, « *Ocean n° 1* » et « *Ocean n° 2* » pouvaient produire environ 300 tonnes par jour.

On exploite par piliers repris ; la veine est atteinte par un tunnel à travers bancs ; on pousse d'abord une galerie montante de $2^m,50$ à $2^m,75$ de largeur, de laquelle on fait partir des deux côtés des voies de niveau, d'une largeur de 3 mètres, espacées de 120 mètres suivant pente. A 20 mètres de distance de la voie montante principale, on commence le découpage du champ

d'exploitation par des galeries montantes; elles sont d'abord conduites sur 3 mètres de largeur sur une longueur de 20 mètres; à cette distance, on perce une petite voie transversale d'où part une seconde galerie montante; les deux galeries, séparées par un massif de 7m,50, se poursuivent parallèlement, avec une largeur de 4 mètres chacune, jusqu'à 14 mètres en-dessous de la voie de niveau supérieure. L'aérage est établi au moyen de percées faites entre les diverses voies montantes; l'air frais pénètre par une galerie de niveau partant du tunnel, circule dans les tailles d'un côté de la voie montante principale, et redescend par les tailles de l'autre côté pour aboutir à un puits d'appel situé à l'extrémité de la voie de niveau inférieure. La veine ne dégage, du reste, pas de grisou; sans cela, l'aérage serait probablement insuffisant.

Les tranches ainsi préparées présentent donc une série de galeries montantes de 4 mètres de largeur, séparées par des massifs de 7m,50, que l'on reprend en descendant à mesure que les galeries arrivent à la hauteur voulue. Il me paraît toutefois difficile que cette opération puisse se faire sans abandonner une partie du charbon contenu dans le massif.

Après le dépilage, il reste le long de la voie montante principale, des deux côtés, des massifs permanents de 20 mètres, et le long des voies de niveau des massifs de 20 mètres en amont et de 14 mètres en aval. On compte reprendre ces massifs après l'épuisement du champ d'exploitation, qui a 1,200 hectares de superficie.

L'abattage de la houille se payait par tonne produite, à raison de 3 francs en préparation, et de fr. 2 50 en dépilage. Un mineur pouvait, m'a-t-on dit, gagner 15 francs par jour de travail, mais, par suite de la fréquence des grèves, et d'autres causes encore, on ne travaille guère que pendant deux tiers de l'année.

On emploie des chevaux pour le transport du charbon dans les diverses galeries. Les trains se composent de quatre wagons, chargés d'environ 2,000 kilos chacun; ils sont traînés par un cheval qui fournit par jour un parcours de 30 kilomètres. Les conducteurs de chevaux recevaient par jour un salaire de fr. 6 70.

Les charbons, en arrivant au jour, sont déversés dans une trémie où viennent charger les grands wagons du chemin de fer. Les wagons de mine, au sortir du tunnel, sont lancés par une voie en pente sur une plate-forme à bascule; ils sont munis à l'avant d'une porte de déchargement fermée par un verrou qui se soulève de lui-même en glissant sur deux tringles en fer inclinées fixées aux côtés de la plate-forme; celle-ci est équilibrée de manière à basculer par le poids du wagon chargé; le wagon, une fois vidé, se relève de lui-même, et est ramené à l'orifice du tunnel par une contre-pente. On m'a assuré que, grâce à cette disposition, un seul homme suffit pour la manipulation d'une extraction de 500 tonnes par jour.

La production de Consolidation Coal C°, pendant les neuf premiers mois de 1868, s'est élevée à environ 90,000 tonnes.

Le prix de revient, non compris les frais généraux, l'intérêt des capitaux engagés, et l'amortissement, était, par 1,000 kilogrammes, de	fr.	3 00 à 3 20
Le transport jusqu'à Cumberland (30 kilom.) coûtait	»	2 30
et le transport de Cumberland à Baltimore (285 k.)	»	9 70
La tonne de houille, rendue à Baltimore, revenait donc à	fr.	15 20
et se vendait à la même époque	»	19 00

FABRICATION DU COKE.

Une bonne partie de la houille grasse produite en Pennsylvanie et dans le Maryland est convertie en coke

pour l'usage des hauts fourneaux. Cette opération se fait généralement d'une manière très-primitive ; j'ai vu pratiquer à Frostburg la carbonisation en tas à l'air libre, ce qui nécessite l'emploi d'une forte proportion de gaillette. Dans le bassin de Pittsburg, on fabrique ordinairement le coke dans des cuves cylindriques en maçonnerie (*coke pits*), de 3^{m},50 à 4^{m},00 de diamètre et d'un mètre de hauteur ; le charbon y est chargé sous une épaisseur de 0,^{m}20 à 0^{m},30.

Quel que soit le système employé, le déchet est considérable, puisque les gaz qui se dégagent ne sont pas utilisés et que toute la chaleur nécessaire à la carbonisation est fournie par la combustion d'une partie de la houille qui y est soumise.

Johnson, dans son mémoire publié en 1844 (*Reports on American coals*), rapporte les résultats d'analyses faites sur un grand nombre d'échantillons de charbon de diverses provenances : la quantité de matière volatile dégagée à la température rouge varie, pour les houilles du Maryland, de 12 à 18 p. °/₀, et pour celles de la Pennsylvanie, de 15 à 23 p. °/₀ du poids du charbon préalablement desséché. Il me paraît certain que ces charbons, traités dans nos fours à sole et à parois chauffées, rendraient de 70 à 80 p. °/₀ de coke, tandis qu'avec les procédés actuels, le rendement ne dépasse guère 50 p. °/₀, soit que la carbonisation ait lieu à l'air libre, ou qu'elle se fasse dans des cuves. Il est vrai que le bas prix de revient de la houille diminue l'importance de la question ; je crois cependant que les frais d'installation de fours à coke perfectionnés seraient bientôt payés par l'économie réalisée (1).

Je ferai une observation analogue relativement au

(1) J'ai appris il y a quelque temps que des fours à parois chauffées venaient d'être construits en Pennsylvanie, mais j'ignore dans quelle localité.

lavage des charbons, qui n'a jamais, que je sache, été pratiqué aux États-Unis. D'après les analyses de Johnson, la teneur en cendre des diverses houilles du Maryland et de la Pennsylvanie varie entre les limites extrêmes de 4 et de 19 p. °/₀, soit en moyenne 8 à 10 p. °/₀. Il n'est guère admissible que cette quantité soit fournie en entier par les matières minérales propres au charbon ; il est probable que le lavage pourrait en faire disparaître une bonne partie, ce qui aurait déjà son importance, surtout si on considère qu'avec les procédés de carbonisation suivis, la houille contenant, par exemple 10 p. °/₀ de cendre, produit un coke qui en contient 20 p. °/₀. Mais le lavage des charbons destinés aux hauts fourneaux aurait ce résultat bien plus important d'en éliminer la pyrite, si abondante dans certaines couches du bassin de Pittsburg.

STATISTIQUE DE LA PRODUCTION.

Il est difficile, en l'absence de toute intervention gouvernementale, d'établir d'une manière un peu précise le chiffre de la production du charbon aux États-Unis. Les publications faites sur ce sujet tirent leurs éléments de données fournies, soit par les propriétaires de mines, soit par les compagnies qui exploitent les chemins de fer et les canaux. Il en résulte forcément des lacunes et quelquefois des double-emploi dans les statistiquès.

L'ouvrage de MM. Daddow et Bannan donne, pour l'année 1864, un relevé assez détaillé de la production des divers bassins ; ces chiffres, rapportés plus loin, sont, je pense, assez exacts en ce qui concerne les exploitations d'anthracite et une partie des exploitations de charbon bitumineux ; pour le reste, ils sont le résultat d'une évaluation approximative.

Les chiffres du premier tableau, concernant les années 1864-1868, ont été puisés dans le « *Miner's Journal* », publié à Pottsville par M. Bannan. Ce premier tableau est établi sur une subdivision toute différente, basée sur les voies de transport ; la production de la houille, sauf pour une petite partie, n'y est représentée que par un chiffre global qui me paraît assez incertain.

On remarquera que ces deux tableaux, bien que provenant de la même source, renseignent des totaux notablement différents ; je suis porté à croire que le second tableau se rapproche plus de la vérité que le premier ; il est possible, en effet, que les quantités de charbon versées par une ligne de transport sur une autre aient été, dans certains cas, portées deux fois en compte ; quoiqu'il en soit, le premier tableau peut servir à apprécier la progression de la production, les chiffres étant établis sur les mêmes bases pour les différentes années.

Production du charbon aux États-Unis pendant la période quinquennale 1864-1868.

	1864	1865	1866	1867	1868
	Tonnes.		D'environ		1,000 kilos.
Ligne du Schuylkill (1).	5,139,380	5,225,805	6,429,503	6,149,560	7,236,556
— du Lehigh (2).	2,054,669	1,822,535	2,128,867	2,062,446	2,507,582
Région de Wyoming (3)	3,960,836	3,256,658	4,736,616	5,328,322	5,990,813
— de Shamokin (4)	333,478	457,162	557,161	485,697	492,265
Totaux pour l'anthracite.	11,488,363	10,762,160	13,852,147	14,026,025	16,227,216
Charbon semi-bitumineux de Pennsylvanie.	580,438	479,991	539,281	585,556	710,652
Houille de Cumberland	657,996	903,495	1,079,331	1,193,820	1,330,443
Charbon bitumineux de provenances diverses.	9,000,000	8,500.000	9,000,000	9,700,000	10,000,000
Totaux pour la houille.	10,238,434	9,883,486	10,618,612	11,479,376	12,041,095
Anthracite, comme ci-dessus.	11,488,363	10,762,160	13,852,147	14,026,025	16,227,216
ENSEMBLE.	21,726,797	20,645,646	24,470,759	25,505.401	28,268,311

(1) Comprenant la région de Mahanoy, du 2e bassin, et la majeure partie du bassin sud.
(2) Les bassins détachés, dits du Lehigh, et l'extrémité orientale du bassin sud.
(3) Tout le bassin nord.
(4) Moitié occidentale du 2e bassin.

Production du charbon, en tonnes d'environ 1,000 kilos, dans les différents bassins houillers des Etats-Unis, pendant l'année 1864.

ANTHRACITE.	BASSIN DU NORD.	District de Carbondale	Delaware and Hudson C°	875,671		
			12 autres exploitants	8,916	884,587	
		— Scranton	Delaware, Lackawanna et Western	1,215,351		
			15 autres exploitants	137,470	1,352,821	
		— Pittston	Pennsylvania Coal C°	828,463		
			20 autres exploitants	343,907	1,172,370	
		— Wilkes-Barre	Baltimore Coal C°	133,953		
			Consolidated C°	244,680		
			10 autres exploitants	95,586	474,219	
		— Plymouth et Nanticoke	14 exploitants		207,544	
		— Shickshenny	4 —		8,512	
			Production totale du bassin du Nord			4,100,053
	BASSINS DU LEHIGH.	Bassin de Beaver Meadow	Honey Brook Coal C°	146,563		
			4 autres exploitants	283,574	430,137	
		— Hazelton	A. Pardee & C°	210,902		
			2 autres exploitants	202,481	413,383	
		— Big Black creek	J.-B. Markle	153,563		
			4 exploitants	296,447	450 010	
		— Little Black creek	1 exploitant		60,214	
			Production totale des bassins du Lehigh			1,353,744
	2e BASSIN.	Région de Mahanoy	40 exploitants		1,557,876	
		— Shamokin	20 —		389,779	
			Production totale du deuxième bassin			1,947,655
	BASSIN DU SUD.	District de Lehigh	Lehigh coal et navigation C°	347,980		
			3 autres exploitants	123,864	471,844	
		— Tamaqua	7 exploitants		187,010	
		— Pottsville	53 —		1,677,557	
		— Pine Grove	6 —		217,041	
		— Lykens valley	1 —		120,073	
		— Dauphin	1 —		146,669	
			Production totale du bassin du Sud			2,829,194
		Quantité totale d'anthracite produite en Pensylvanie par 227 exploitants				10.230,646

HOUILLE	BASSIN ALLEGHANY.	Bassin de Broad-Top (charbon dit semi-bitumeux)	345,000		
		— de Blossburg (Comté de Tioga)	350,000		
		Chemin de fer Pensylvanie-Central	870,000		
		Vallée de la Monongahela	1,060,000		
		— du Youghiogheny	450,000		
		— de l'Alleghany	450,000		
		Bassin de Johnstown (Comté de Cambria)	900,000		
		Diverses localités de Pennsylvanie	1,200,000		
		Production totale de l'Etat de Pennsylvanie		5,625,000	
		Etat de l'Ohio		1,000,000	
		— Maryland (Bassin de Frostburg)		658,000	
		— Virginie occidentale		500,000	
		— Kentucky		250,000	
		— l'Alabama		300,000	
		Production totale du bassin Alleghany		8,333,000	
	BASSIN CENTRAL.	Etat d'Illinois	1,000,000		
		— d'Indiana	500,000		
		— de Kentucky	250,000	1,750,000	
	BASSIN DU MICHIGAN			100,000	
		Quantité totale de charbon bitumineux et semi-bitumineux			10,183,000
		Production totale d'anthracite et de houille aux Etats-Unis			20,413,646

INDUSTRIE DU FER.

MINERAIS.

Les minerais de fer sont extrêmement abondants aux États-Unis ; depuis l'Atlantique jusqu'au-delà du Mississipi, et depuis les grands lacs jusque bien avant dans les États du Sud, il n'est guère de région de quelqu'étendue où l'on ne trouve des gisements plus ou moins considérables, fournissant des minerais d'une nature, d'une richesse et d'une pureté variables, mais généralement susceptibles d'être exploités utilement.

Les métallurgistes américains divisent les minerais de fer et les fontes qui en proviennent, en trois classes, sous les noms suivants :

Red-short, c'est-à-dire cassant à chaud.

Cold-short, ou cassant à froid.

Neutral, pour les fers qui ne sont cassants ni à chaud ni à froid.

Cette dernière qualité n'existe guère, je pense, qu'à l'état théorique ; la plupart des minerais fournissent des fers dits « *red-short* », mais on ne doit pas prendre à la lettre cette dénomination, qui, dans la plupart des cas, indique seulement une tendance du métal à être cassant à chaud plutôt qu'à froid, tout en étant de bonne qualité. Lorsque cette tendance est trop prononcée, on cherche à la contrebalancer, soit au haut fourneau, soit au laminoir, par une addition de fer tendre.

Lesley, dans un ouvrage déjà un peu ancien (*Iron manufacturer's guide*, publié vers 1858), donne une description très-étendue des principaux minerais exploités dans les diverses parties du pays. Je ne sui-

vrai pas cet auteur dans son long exposé ; je me bornerai à un aperçu sommaire, basé sur les renseignements que j'ai été à même de recueillir ; il suffira, je pense, pour donner une idée des ressources que le territoire des États-Unis offre à l'industrie sidérurgique.

Beaucoup d'usines utilisent, pour tout ou partie de leurs besoins, les minerais qui se trouvent dans leur voisinage ; j'aurai l'occasion plus loin de donner quelques indications sur ces minerais de consommation locale ; je veux surtout m'occuper ici des mines de fer proprement dites, c'est-à-dire des exploitations faites sur une grande échelle, dans certains districts, en vue de l'exportation, si je puis employer ce mot pour désigner des expéditions qui, bien que s'étendant à des rayons de cent lieues et au-delà, ne sortent pas du territoire d'un même pays. Les trois principales régions de production sont : le lac Champlain, le lac Supérieur et les « Montagnes de fer » du Missouri.

Le lac Champlain, affluent du Saint-Laurent, forme limite, sur une certaine étendue, entre les États de New-York et de Vermont, aux confins du Canada. On exploite, dans diverses localités situées sur les bords de ce lac, des oxydes de fer magnétiques, d'une teneur élevée, qui constituent un des meilleurs minerais des États-Unis. N'ayant pas visité ces exploitations, je dois m'abstenir d'en parler ; voici quelques renseignements sur les deux autres régions que j'ai nommées.

MINERAIS DU LAC SUPÉRIEUR.

Les gisements de minerai de fer du lac Supérieur (État de Michigan), appartiennent au terrain que les géologues américains désignent sous le nom de « Huronien » et qu'ils placent immédiatement en-dessous du Silurien. Ils divisent en six étages ce terrain, qui se compose essentiellement de quartzite, de schistes

chloriteux, de *greenstone* et de minerai de fer. L'étage inférieur est formé de quartzites, le second de minerais pauvres (*lean ores*), associés avec des schistes chloriteux ou talqueux, et souvent des bancs de greenstone. Ces minerais n'ont en général qu'une teneur de 10 à 40 p. °/₀ en fer ; cependant, ils sont exploitables dans certaines localités. Le troisième étage se compose principalement de greenstone ; le quatrième comprend les minerais riches, alternant avec des schistes chloriteux. Des quartzites et des schistes constituent la partie supérieure du terrain Huronien.

La fig. 12, pl. VI, représente, d'après M. le professeur Pumpelly, la coupe théorique des gisements de fer du lac Supérieur. La découverte de ces gisements est assez récente ; les premières exploitations un peu importantes ne remontent pas au delà de 1856. Depuis cette époque, la production a pris un essor rapide ; il s'en faut de beaucoup cependant que l'étendue des gisements soit complétement reconnue, et la région exploitée est constamment accrue par de nouvelles découvertes.

Lorsque j'ai visité cette contrée, vers la fin de 1868, l'exploitation se concentrait à peu près exclusivement dans une zône de 8 kilomètres au plus de largeur du nord au sud, sur une longueur d'environ 30 kilomètres, à l'ouest du village de Negaunee, situé lui-même à 3 lieues à l'ouest-sud-ouest de la petite ville de Marquette, port d'embarquement sur le lac Supérieur. Les mines sont desservies par le chemin de fer Marquette-Ontonagon, qui aboutit à Marquette. Cette ville est aussi reliée à Chicago par un chemin de fer allant de Negaunee à Escanawba, une ligne de bateaux à vapeur sur la « Baie verte, » d'Escanawba à Green Bay, et un embranchement du chemin de fer Chicago-Nord-Ouest, aboutissant à Green-Bay. Il ne passe

guère de minerai par cette dernière voie ; à part la consommation locale, la presque totalité de la production est expédiée à Marquette, et de là dirigée par voiliers vers l'intérieur du pays, principalement vers le port de Cleveland, sur le lac Erie, qui est le grand entrepôt des minerais de fer du lac Supérieur.

Le district de Marquette produit :

1° Le minerai magnétique, où l'on distingue les variétés à gros grains et à fins grains. La mine « Champion, » située à l'extrême limite, vers ouest, du district, ne produit que ce minerai, que l'on trouve aussi, en mélange avec les autres sortes, dans quelques mines de la partie occidentale.

2° L'oligiste (*specular hematite*) est le minerai dominant ; il a ordinairement l'aspect métalloïde et la texture spéculaire, laminaire ou grenue ; sa couleur est gris d'acier ou gris violet ; on trouve aussi beaucoup d'oligiste lithoïde, rouge sang ou rouge violet, à texture compacte, laminaire, concrétionnée ou micacée. Ce minerai rend au haut fourneau 60 à 65 p. % de fonte en moyenne, mais, dans certains cas, sa richesse et sa fusibilité sont diminuées par des bandes de jaspe qui y sont intercalées *(jasper ore)*.

3° La limonite, désignée sous le nom de *soft hematite,* sous lequel on confond quelquefois une variété d'oligiste ordinaire. Ce minerai rend environ 50 p. % au haut fourneau ; il est relativement peu abondant et se trouve toujours associé à l'oligiste.

4° Enfin, on appelle *flag-ore* un oligiste siliceux, à texture schistoïde, moins riche et plus réfractaire que les précédents ; il produit des fers *cold-short ;* cette propriété le fait quelquefois employer en mélange avec certains autres minerais qui ont une tendance *red-short*.

Les couches de minerai sont affectées de nombreux

replis ; elles forment une série de bassins qui reposent en général dans les schistes chloriteux ; dans la plupart des cas, l'épaisseur des couches n'est pas bien connue ; le minerai riche alterne d'une manière variable avec des bancs stériles et des couches de minerai jaspé ; on admet que les couches utiles peuvent varier en puissance de 0^{m},60 à 18 mètres au maximum.

Les mines sont généralement exploitées à ciel ouvert; très-souvent on aborde les gîtes par des galeries à travers les quartzites et les schistes qui forment les parois des bassins. La mine *Jackson*, à Negaunee, qui était la plus importante de toutes, se compose d'une série d'excavations à ciel ouvert, pratiquées dans diverses poches de minerai, et reliées entre elles et avec l'extérieur par des tunnels servant au transport et à l'écoulement des eaux. A la mine *Washington*, on était occupé à creuser un tunnel à grande section, qui coûtait 350 francs par mètre courant, y compris le boisage et la pose de la voie ; les grands wagons du chemin de fer, poussés par une locomotive, circulaient dans le tunnel et devaient, après son achèvement, aller charger le minerai à pied-d'œuvre.

Il existe aussi quelques puits ; la mine *Lake Superior*, la plus considérable du pays, après la mine *Jackson*, était exploitée, partie à ciel ouvert, partie par un puits de 30 mètres de profondeur. On voit, figures 15 et 16, pl. VI, le croquis de la machine installée sur ce puits pour l'extraction du minerai et l'épuisement des eaux. L'extraction se fait au moyen d'une corde ronde en fil de fer s'enroulant sur un tambour ; la machine était disposée pour recevoir quatre tambours, afin de pouvoir desservir quatre puits à la fois, lorsque le développement de la mine le demanderait ; provisoirement, il n'y avait que deux tambours, tournant fous sur un même arbre, avec lequel on les embrayait à volonté.

Un seul d'entr'eux était utilisé, pour élever les charges par le travail de la vapeur et laisser redescendre sur frein le cuffat vide. L'arbre des tambours porte une roue d'engrenage attaquée par un pignon mû par la machine à vapeur. Les deux autres tambours devaient être également sur un même arbre, placé parallèlement au premier, de l'autre côté du pignon. Deux hommes étaient employés à la manœuvre de l'appareil ; l'un, placé près du cylindre à vapeur, pour diriger la machine motrice; l'autre, posté entre les quatre tambours sur un palier élevé, pour embrayer et débrayer.

La roue d'engrenage du tambour d'extraction commande la pompe d'épuisement par l'intermédiaire d'une autre roue de même diamètre, calée sur un arbre qui se déplace latéralement d'une petite quantité, de manière à mettre à volonté les deux roues en prise. Une bielle, articulée sur un plateau-manivelle calé à l'autre bout de l'arbre, imprime un mouvement de va-et-vient à une tringle horizontale, supportée par des galets ; cette tringle est reliée par une bielle à la tête de cheval à laquelle s'attache la tire-boute de la pompe.

La disposition du vase d'extraction, quoique plus simple, rappelle celle qui est employée au puits de Providence de la Cie Delaware et Hudson. Le minerai est versé au pied du puits dans un bac rectangulaire en tôle, suspendu vers le centre, par des tourillons, à un étrier auquel s'attache la corde d'extraction (fig. 13 et 14, pl. VI). Le puits est un peu incliné ; la paroi du mur est garnie d'un chemin de fer sur lequel roulent les quatre roues du bac. A l'orifice du puits, les rails s'infléchissent à peu près en quart de cercle. Lorsque le cuffat arrive au jour, les deux roues supérieures suivent la courbe, tandis que les roues inférieures, dont la jante est beaucoup plus large, sont maintenues par deux contre-rails formant le prolongement du plan du

chemin de fer établi dans le puits. Par cette disposition, le bac se culbute complétement, et le déchargement du minerai se fait sans main-d'œuvre.

Le coût de l'abattage, dans les différentes mines, variait de frs. 2 50 à 3 00 par tonne. Dans ces conditions, le mineur pouvait gagner par jour de frs. 7 50 jusqu'à 12 francs. Les manœuvres étaient payés à raison de 7 francs par jour.

M. Pumpelly établit comme suit le prix de revient moyen d'une tonne de minerai rendue aux usines dans la Pennsylvanie ou l'Ohio :

Abattage, chargement, transport dans la mine et frais généraux, y compris l'intérêt du capital	fr.	5 75
Transport de la mine à Marquette.	»	4 75
Mise à bord	»	0 75
Frêt, de Marquette à Cleveland ou à Detroit .	»	11 50 à 15 25
Transport depuis le port de débarquement jusqu'à l'usine	»	11 50
Total. . fr.		34 25 à 38 00

La tonne de minerai, d'environ 1,000 kilog., se vendait aux usines de 38 à 45 francs.

Les deux tableaux suivants font connaître, le premier, le développement de la production des mines depuis leur origine, le second la quantité de minerai extraite en 1867. Ces chiffres sont extraits d'une publication du major Brooks, de Negaunee.

Production, par année, des mines de Marquette, en tonnes de 1,016 kilog.

ANNÉES.	MINE JACKSON.	MINE LAKE SUPERIOR.	PRODUCTION de tout le district.
1856	5,000	»	7,000
1857	14,000	»	21,000
1858	12,500	4,500	31,000
1859	10,500	24,500	66,000
1860	41,000	33,000	117,000
1861	13,000	25,000	45,000
1862	43,000	38,000	116,000
1863	61,000	79,000	185,000
1864	69,000	87,000	235,000
1865	55,000	50,000	196,000
1866	88,900	68,000	297,000
1867	126,000	120,000	469,000

Détail de la production en 1867 (tonnes de 1,016 kilog).

NOM DES MINES.	DATE de leur création.	NATURE DU MINERAI.	PRODUCTION
Jackson	1856	Oligiste et limonite. . . .	126,000
Lake superior.	1858	— —	120,000
Cleveland.	1856	Oligiste	76,000
New-York	1864	—	47,000
Pittsburg and lake Angeline.	1864	—	47,000
Washington.	1865	— et minerai magnétique	25,000
New England.	1865	— et limonite	9,000
Marquette	1857	Oligiste	8,000
Iron mountain	1866	Flag ore et minerai manganésifère	5,000
Edwards	1864	Minerai magnétique . . .	5,000
Foster.	1866	Limonite	1,000
Champion	1868	Minerai magnétique . . .	»
Michigan	1868	— — . . .	»
Cascade.	1868	Flag ore	»
Barnum.	1868	Oligiste	»

En 1868, la production totale a été de 493,000 tonnes.

MINERAIS DE MISSOURI.

L'importance des gisements du Missouri, connus sous le nom de » *Iron mountains* », a été souvent exagérée ; on est allé jusqu'à les considérer comme des montagnes de minerai de fer massif; ces gisements sont en réalité très-considérables ; ils appartiennent au terrain Silurien inférieur ou au terrain Huronien ; ils se présentent, comme les minerais du lac Supérieur, en couches plissées, qui reposent sur un calcaire magnésien. Jusqu'à présent, on n'a guère exploité que les affleurements des couches, et il n'existe que des notions assez imparfaites sur leur nombre, leur étendue et leur valeur. D'après le rapport sur la géologie de l'État de Missouri, un sondage a fait reconnaître deux couches de minerai ; la couche supérieure a $1^{m},50$ de puissance ; la puissance totale de la couche inférieure est inconnue, mais dépasserait 15 mètres.

Les gisements se montrent sur une longueur de 20 à 25 lieues, du nord-nord-ouest au sud-sud-est, et sur une largeur de 3 à 5 kilomètres ; un chemin de fer les relie à St-Louis. La richesse et la pureté du minerai sont variables d'un point à l'autre.

Les deux exploitations principales étaient établies au village de *Iron mountain*, à 26 lieues au sud de St-Louis, et au village de *Pilot Knob*, situé à 2 lieues au sud du précédent.

On exploite à *Iron mountain* un mamelon de 70 à 80 mètres de hauteur ; les couches de minerai y sont entièrement à découvert, sauf quelques dépôts insignifiants d'argile dans les plis de la surface ; on y trouve aussi des amas de minerai en cailloux roulés, qui atteignent quelquefois des dimensions énormes.

L'exploitation se fait par tranchées à ciel ouvert ; elle est desservie par des plans inclinés automoteurs.

Le minerai, légèrement « *red-short*, » est de très-bonne qualité ; il consiste principalement en oligiste métalloïde, gris de fer ou gris violet, passant accidentellement à la limonite; il paraît que le gisement de Pilot knob renferme une plus forte proportion de limonite et que le minerai est souvent mélangé de gangue schisteuse et même d'une petite quantité de pyrite. Les chiffres suivants m'ont été donnés comme les résultats d'analyses sur les minerais de ces deux provenances :

	IRON MOUNTAIN.	PILOT KNOB.
Fer.	65,0	66 p. c.
Oxygène	29,0	26 »
Silicium	3,5	5 »
Aluminium	2,9	3 »

Indépendamment de la consommation de deux fourneaux au bois, la Compagnie de Iron mountain expédiait annuellement par chemin de fer 80,000 tonnes de minerai ; on comptait porter ce chiffre à 150,000 tonnes. Le prix de revient du minerai, chargé à wagons, était de fr. 3 00 à 3 30 la tonne; rendu à Pittsburg, il valait environ 30 francs la tonne.

En dehors des trois grands centres de production dont il vient d'être question, on trouve des minerais de fer en abondance dans les États de Pennsylvanie, Ohio, New-Jersey et Virginie.

Les minerais de l'Ohio et de la Pennsylvanie sont principalement des carbonates du terrain houiller ; on trouve aussi en Pennsylvanie des oligistes rouges appelés « *fossil ore*, » qui ont beaucoup de ressemblance avec nos oligistes oolitiques.

Dans le New-Jersey, on exploite surtout des oxydules magnétiques, qui sont généralement un peu phosphoreux.

Enfin, la Virginie paraît appelée à un grand avenir métallurgique par ses gisements de fer et de houille, mais l'exploitation de ces richesses naturelles n'est encore que peu développée.

(La suite à la prochaine livraison).

NOTICE

SUR LES

PRINCIPALES EAUX DE SOURCE

DE LA

BASSE-BELGIQUE,

ET SUR LEUR

CAPTATION RATIONNELLE POUR L'ALIMENTATION DE NOS GRANDES VILLES,

PAR

M. LE CAPITAINE EM. VERSTRAETE.

I.

La nécessité où se voient nos grandes villes, bâties généralement sur des terrains alluvionnaires, d'établir des services d'eaux pour leurs habitants ou de donner plus d'extension à leurs établissements de l'espèce, a fait naître chez nous un débat qui semble au contraire épuisé pour longtemps en France, en Angleterre, en Allemagne, en Amérique. Les partisans quelque peu systématiques des eaux de source et les admirateurs au moins aussi exclusifs des eaux de rivières ont reproduit, avec l'animation ordinaire, les arguments que l'on connaît en faveur ou contre chacun de ces systèmes. A en croire les uns, il n'existerait aucune eau de rivière qui ne fût insalubre, et la plupart des eaux de source, même celles qui marquent 25° à l'hydrotimètre, seraient délicieuses. Si l'on s'en rapportait à leurs contradicteurs, les sources seraient toujours et partout insuffisantes pour l'alimentation d'une ville, tant comme quantité que comme qualité. Toutes donneraient à peine « un mètre cube d'eau par hectare de leur bassin, » et

seraient d'ailleurs empoisonnées par le fumier des terrains arables et par les infiltrations des fabriques et des cimetières ; mais en revanche une eau de rivière quelconque serait excellente, car il suffirait de la filtrer, et cette opération serait simple, facile, peu coûteuse.

Entre ces exagérations diverses, il y a un moyen terme théorique et pratique bien simple, dont se sont servi tous les ingénieurs de renom ; c'est que si l'on ne possède qu'un seul moyen d'alimentation proportionné aux besoins d'une ville, comme cela arrive le plus souvent pour les grandes capitales, tout choix devenant impossible quant à la très-grave et fondamentale question de la qualité, il faut se contenter de ce que l'on a et en tirer le meilleur parti possible, dût-on recourir au filtrage ; mais que si l'on possède deux ou plusieurs moyens *également acceptables pour les hommes spéciaux,* quant à la condition complexe du coût, de la facilité d'exécution et de la salubrité, il faut en faisant son choix *se ranger à l'avis des habitants eux-mêmes,* qui jugent toujours en dernier ressort lorsqu'il s'agit de décider s'ils feront ou non amplement usage de ce puissant moyen d'hygiène préventive. Il ne faut pas oublier, en effet, que tous nos services d'eaux reposent sur le principe de l'offre et de la demande, ce qui fait que les ménages ne consomment que ce qu'ils veulent bien. Il s'agit donc ici, avant tout, de faire en sorte que la marchandise plaise au consommateur ; c'est-à-dire que, comme moyen d'exploitation, il faut bien, dans ce cas spécial, tenir compte des préférences de la population.

On ne saurait guère contester, d'une part, que le public belge accorde une préférence marquée aux *bonnes* eaux de source, et que, d'autre part, il éprouve une répugnance facile à comprendre pour la plupart de nos eaux de rivières. Il n'a jusqu'ici fait usage que d'eaux

de sources ou de puits. Ce sont là des faits qui rendent la question de la prise des eaux souterraines d'autant plus intéressante que la plus grande partie de notre territoire — celle qui est couverte par le limon hesbayen et les sables de la Campine — convient spécialement pour l'établissement des sources artificielles.

Nous nous proposons de jeter ici un coup d'œil sur le mode de captation de la source souterraine dans les sols de l'espèce, au moyen de galeries de drainage.

A part la galerie de Liége, établie par G. Dumont, on n'a fait jusqu'ici en Belgique aucune captation rationnelle d'après ce système. Nous ne comptons pas, en effet, comme techniquement acceptable ce qui a été pratiqué dans ce but à Lillois-Witterzée, nonobstant l'opposition de l'ingénieur qui avait établi la captation des sources du Hain. L'administration de la capitale l'a d'ailleurs compris elle-même, car elle a arrêté l'exécution de ce travail d'essai, et abandonné, semble-t-il, la pensée de le continuer.

D'autre part, il est incontestable qu'il existe encore des ingénieurs, en très-petit nombre toutefois, qui paraissent préférer aux galeries d'absorption l'ancien système de captation. Il n'est donc pas sans opportunité d'attirer l'attention sur les énormes avantages que présentent ces galeries, surtout lorsqu'elles sont applicables concurremment avec la prise des sources naturelles dans les conditions spéciales qu'offre la disposition des massifs géologiques et des nappes aquifères de notre pays relativement à nos grands centres de population.

Chacun sait, en effet, que toutes nos principales villes, Bruxelles, Gand, Anvers, Bruges (et Ostende), Liége, Namur, Mons, Charleroi, se trouvent ou en pleine zone de limon hesbayen ou à quelques lieues seulement de terrains recouverts de cette roche. Notre

étude embrasse donc, dans un sens général, tous les intérêts en présence dans le débat dont nous avons parlé.

Nous ne ferons pas remarquer ce qu'il y a d'étrange, *à priori*, dans cette opinion avancée par quelques personnes, qu'il faudrait nécessairement recourir à des sources ou à des cours d'eau situés à l'extrême limite du pays pour trouver les eaux potables nécessaires à presque toutes les villes dénommées plus haut. Notre étude répond du reste à cette proposition.

Toute cette zone de la Basse-Belgique a une, deux ou trois nappes d'eaux souterraines dont l'abondance et la qualité ne sauraient être contestées. Peu de pays dans l'occident de l'Europe en possèdent d'aussi belles. La couche géologique supérieure de la zone, composée (excepté dans le fond des vallées) de 1 à 7 mètres de terre à briques, est un filtre naturel excellent. Ses coteaux et ses plateaux sont cultivés et couverts, en général, de céréales et d'autres végétaux très-bas, qui ne plongent pas même leurs racines jusqu'au fond du sol labourable; car l'argile hesbayenne, connue aussi sous le nom de *terre à froment*, n'est pas employée à la culture des arbres forestiers. On n'y trouve pas non plus de prairies naturelles. C'est une *terre froide*, que des labours répétés rendent seuls capable de recevoir, *dans sa partie tout à fait supérieure*, la quantité de calorique nécessaire à la décomposition lente des matières azotées qu'absorbe la végétation. Elle jouit d'ailleurs au plus haut point de l'importante propriété de fixer ces matières, de les retenir dans son sein et de ne les céder qu'à mesure du besoin aux plantes qu'elle nourrit. Ce fait a été surabondamment prouvé, en Angleterre, par exemple, dans les belles expériences qu'on y a faites sur le sewage, comme M. l'ingénieur Hofman, directeur des travaux de Gand, l'a rappelé à la fin de 1872

(*Annales des Travaux Publics*, t. xxx) dans sa remarquable étude sur l'*assainissement des villes*. La composition chimique de la terre à briques, celle des eaux qui en sortent, sont des preuves supplémentaires et incontestables de ses éminentes qualités comme roche filtrante pour les eaux potables ; aussi n'y a-t-il guère de divergences de vues sur ce point, et bien peu de personnes croient encore que l'eau souterraine d'un terrain recouvert de limon hesbayen pourrait être contaminée par les matières putrescibles soit de la surface, soit de la partie arable, soit des petits cimetières de villages. Mais il n'en est plus du tout de même lorsqu'il s'agit des sels minéraux que plusieurs de ces eaux empruntent pendant leur séjour dans le sol inférieur à l'hesbayen. Celui-ci, en effet, repose sur des roches très-différentes, selon les localités. Il va de soi, par exemple, que lorsque ces eaux délavent des roches magnésio-calciques, des pyrites, du gypse, des roches bitumineuses en contact parfois avec de la glauconie, comme c'est le cas pour les eaux de la rive gauche de la Sambre jusqu'à l'Orneau, elles doivent être l'objet d'une juste suspicion à cause des sulfates calcaires, des carbonates magnésiques, des sulfhydrates et des autres matières dangereuses ou tout au moins insalubres qu'elles doivent plus ou moins contenir, en raison précisément de l'excellent filtrage qu'elles viennent de subir dans la terre à briques. C'est là d'ailleurs une question médicale et chimique, dont l'ingénieur doit tenir compte.

Constatons toutefois dès à présent que la plus grande partie des terrains recouverts de limon hesbayen se compose de roches inoffensives, dont les unes fournissent à l'eau souterraine une quantité plus ou moins forte de carbonate de chaux, tandis que le reste ne lui abandonne d'autre sel minéral qu'une faible trace de

fer et d'iode. Ces dernières eaux, et toutes celles qui ne contiennent guère au-delà de 12 centigrammes de carbonate de chaux par litre, sans autres sels minéraux appréciables, sont des eaux industrielles et potables de tout premier choix, extrêmement agréables à boire, riches en acide carbonique, même après leur réaération dans les aqueducs d'amenée. Ce sont de ces eaux qu'un hygiéniste appelait à l'Académie de médecine de Paris, en 1863, « un morceau de roi, » et que tous ses confrères, à commencer par MM. Lévy, Mottard, Bouchardat, Tardieu et Poggiale, déclarent supérieures à toutes les autres. Celles qui contiennent de 15 à 18 centigrammes de chaux carbonatée sont encore bonnes, mais au-delà de ce dernier degré, surtout lorsqu'il s'y joint des traces de magnésie ou quelques centigrammes de sulfates, elles deviennent inférieures, et il ne faut s'en servir que lorsqu'on ne saurait s'en procurer d'autres qu'à trop grands frais. Telle est d'ailleurs l'opinion de M. Belgrand.

Nous avons examiné, en plein été, l'année dernière, entre Thourout et Ostende (petit massif d'Aertryke), des eaux qui peuvent abondamment fournir aux besoins de Bruges, d'Ostende et des localités secondaires de cette partie de notre province occidentale; elles marquaient 17° ½ à l'hydrotimètre. Elles paraissaient arrivées à leur maximum de dureté, étaient encore très-bonnes, incrustaient notablement moins que celles de la distribution actuelle de notre capitale, et se conservaient parfaitement pendant longtemps sans cesser d'être agréables à boire. On voit par là que cette partie du pays n'est pas du tout déshéritée sous ce rapport, et que rien n'est plus facile ni *moins coûteux* que de l'en faire amplement profiter.

Toute la partie de la Flandre orientale qui se trouve entre l'Escaut et la Dendre, a un magnifique réservoir

souterrain d'eaux encore beaucoup moins dures, qu'on a proposées déjà pour l'alimentation de Gand, et qui peuvent également fournir Alost, Termonde, Audenaerde et même Anvers. Cette dernière ville devrait continuer à recourir aux pompes à vapeur pour lancer l'eau au sommet de ses plus grands édifices, mais c'est là une nécessité qui subsistera toujours, à quelque source qu'elle s'approvisionne, à moins qu'elle ne voulût faire un château d'eau d'une élévation exceptionnelle, et des frais d'amenée extraordinaires, ce qui, du reste, est d'application possible si elle s'alimente à la source que nous venons d'indiquer.

Les eaux des bassins hydrographiques de la Senne et de la Dyle ont pour type celles de la distribution actuelle de Bruxelles. Elles sont de qualité très-insuffisante : elles incrustent fortement et contiennent au-delà de 30 centigrammes de sels calcaires aux époques de sécheresse et d'insalubrité. Celles de la Hesbaye, représentées par un vaste bassin souterrain que Dumont a reconnu au-dessus de Jauche et qui se prolonge jusqu'au-delà de Hasselt, où il alimente le beau puits artésien creusé par le même spécialiste, sont meilleures; mais, comme celles des environs de Bruxelles, elles offrent sur beaucoup de points l'inconvénient de se trouver à une grande profondeur sous le sol. Liége a pu, à cause de sa situation exceptionnelle, en tirer un excellent parti, et nous avons trouvé nous-même le moyen d'en amener plus de cent mille mètres cubes par jour au réservoir d'Ixelles sans recourir à aucun emploi de machines à relever.

Mais les eaux souterraines des versants nord-est, nord et ouest du massif compris entre l'Orneau, la Mehaigne et la Meuse, sont les plus parfaites du pays entier. Suffisamment pourvues de carbonate de chaux pour satisfaire tous les hommes de l'art (elles marquent

$6^{\circ}\frac{1}{2}$ en moyenne), ce sont cependant des eaux très-tendres, parfaites pour toutes les industries. Elles sont en même temps d'une abondance remarquable et conviennent spécialement, tant par leur situation exceptionnelle que par leur quantité et leurs qualités, pour l'alimentation de la capitale et de ses faubourgs. Il est extrêmement facile d'y amener la presque totalité de leur volume par écoulement naturel, à cause de l'altitude (+ 180^{m} en moyenne) du plateau de 14 lieues carrées qui couronne le massif de la Mehaigne, et de la dépression (+ 152^{m}) qu'offre la crête générale de partage près du point où ce massif vient s'y souder.

Sur la plus grande partie de ce vaste terrain collecteur, il n'y a pas de trace de ravins, ni de vallées, et le limon hesbayen y repose directement (Dumont) par ses sables et ses cailloux (couche aquifère) sur le schiste silurien, roche de composition excellente, imperméable, dont une partie d'un à deux mètres d'épaisseur s'est désagrégée comme partout sur les plateaux. *Il n'y a donc là qu'un seul réservoir souterrain, très-facile à atteindre, qui reçoit la masse totale des eaux d'infiltration après qu'elles ont traversé une épaisse couche d argile à briques de toute première qualité.* Cette partie du pays est précisément celle qui fournit, d'après la statistique officielle, les hommes les plus grands de taille de la Belgique entière. L'épidémie cholérique y est inconnue, la salubrité proverbiale. Il ne s'y trouve guère d'industrie, pas de villes, très-peu d'habitants, pas de prairies, de mines, de marais, de forêts. C'est donc un type de terrain collecteur, se prêtant admirablement à notre étude et nous dispensant d'en choisir d'autres pour la démonstration de notre thèse, l'application étant toujours facile à modifier selon les conditions spéciales du problème.

II.

La captation rationnelle d'une source doit nécessairement avoir pour but :

A. *D'obtenir l'eau dans des conditions de qualité égales à celles qu'elle possède à son émergence naturelle, et meilleures si c'est possible ;*

B. *D'en capter la plus grande quantité possible, afin de réduire à un minimum le développement total et le coût des prises ;*

C. *De régler le débit du système de manière à le rendre permanent ou plutôt à lui assurer un minimum d'importance en tout temps.*

A. La solution du premier point s'indique d'elle-même. L'ancien mode de prise, consistant à couvrir les orifices des sources émergentes et à y introduire, en tranchée peu profonde, voire même ouverte, un petit aqueduc ou une conduite d'abduction, est incontestablement insuffisant au point de vue de la conservation des qualités du débit. En effet, quelque soin que l'on mette à exécuter ces travaux, on ne saurait empêcher les infiltrations de la couche arable et de la surface de se produire près des appareils. Elles sont même d'autant plus importantes dans ce cas, que les sources naturelles émergent généralement (dans les terrains dont nous parlons ici) au fond de quelque dépression naturelle, qui sert de point de convergence, à chaque pluie, à toutes les eaux d'écoulement des environs. Le terrain autour des *chambres* est donc sursaturé, délayé à la surface, dans chacune de ces circonstances, par le fait de l'excès d'humidité qui s'y produit, et bientôt on peut s'y trouver en pleine alluvion, avec tous les inconvénients de cet état de choses. Nous en avons constaté *de visu* des exemples. Pour parer à ce défaut, on amène

en tranchée ordinaire l'aqueduc d'abduction jusqu'en un point de l'aval de la source situé un peu en contrebas du niveau auquel on veut opérer la captation. On donne ensuite à l'aqueduc une section suffisante pour que l'ouvrier puisse facilement y travailler lorsque l'eau affluera ($1^m,80$ sous clef est une bonne hauteur), et on le prolonge en *galerie souterraine* jusqu'à ce que l'abaissement complet de l'eau dans la fontaine naturelle indique que la prise est complète. Ce moment se présente d'ordinaire lorsque la tête de l'aqueduc est encore à quelque distance de l'axe de l'orifice ; mais il est toujours bon de poursuivre le travail aussi loin que possible. On peut d'ailleurs, dans les terrains où l'approche de la source naturelle serait trop difficile, établir à la tête de l'aqueduc de prise une bifurcation dont les branches déborderaient de chaque côté l'orifice naturel. Mais, en général, cette précaution est elle-même difficile à prendre et tout à fait inutile lorsqu'on a à exécuter des prises dans les terrains dont nous parlons ici.

L'écoulement par l'orifice artificiel et la vidange de la fontaine étant obtenus, on comble cette dernière au moyen de sable pur, puis d'argile, qu'on verse par petites quantités successivement dans cet orifice et qu'on fait pénétrer jusqu'au sable en y versant de l'eau. On continue cette opération jusqu'à ce que tout affaissement ait disparu dans le fond de la fontaine ; puis on achève le comblement au moyen d'argile non-arrosée, qu'on dame soigneusement par petites couches. Si quelque dépôt alluvionnaire s'est formé autour de la source, on l'enlève ensuite et on le remplace par de l'argile damée de même, dans un rayon de plusieurs mètres autour de l'ancien orifice, et surtout vers l'amont de celui-ci, où il convient de prolonger ce travail en secteur circulaire de dix mètres de rayon. L'en-

semencement en prairie naturelle de l'emplacement des prises est favorable au système, attendu que l'herbe diminue bientôt la perméabilité du sol et que l'écoulement à la surface est en général rapide au point où se trouvait une source naturelle. Au besoin, on modifie la pente naturelle en recouvrant le terrain comme nous l'avons dit.

Les regards pour la visite de la source artificielle ne peuvent, dans aucun cas, s'établir à moins de dix mètres vers l'aval de l'ancien orifice, et ils devront être très-soigneusement reliés à la voûte et aux piédroits de l'aqueduc de prise. Il va de soi que la tête de l'aqueduc doit plonger à la plus grande profondeur possible. Il est aussi très-bon de lui donner une contre-pente assez forte ou de descendre le radier par un ou deux gradins à partir du regard, afin d'empêcher autant que possible l'introduction dans l'aqueduc abducteur des sables et graviers qui se présentent avec l'eau quelque temps encore après la fin des travaux.

B. La solution du second point, en connexité évidente avec celle du premier, mais surtout avec la nature et la disposition du terrain, n'est pas suffisamment indiquée par les considérations qui précèdent. En effet, l'expérience et la théorie sont d'accord pour établir que les sources émergentes, à quelque profondeur qu'on en capte le débit, ne fournissent pas le maximum d'eau que l'on peut obtenir *régulièrement* d'un terrain collecteur. Cela ressort d'abord de ce fait généralement connu que, dans tous les terrains perméables, une partie de l'eau souterraine passe entre les sources émergentes et continue à descendre les versants pour se diriger vers les sources de l'aval. Dans le cas de l'émergence naturelle ou même d'une galerie de prise qui n'est point fondée sur le terrain imperméable, il passe même une faible quantité d'eau sous ces deux espèces

de sources. Mais cette quantité est beaucoup plus faible que celle qui se perd *entre* les sources, parce que le drain opéré par celles-ci va s'affaiblissant rapidement à mesure qu'on s'éloigne des orifices. Il y a aussi, sous ce rapport, une notable différence en faveur des prises souterraines relativement aux sources émergentes, parce que, dans les terrains dont nous parlons, les sources agissant de bas en haut dans leurs fontaines, d'après une force de sous-pression identique à celle qu'on constate dans les puits ordinaires, il en résulte que ces issues sont de véritables branches ascendantes de siphons et que la colonne d'eau qu'elles contiennent pèse sur leur fond et sur leur paroi d'aval, les pénètre et s'y perd en partie. Il est donc incontestable déjà que la captation d'une source émergente, par le procédé que nous avons indiqué plus haut, donnera un débit plus grand, si elle est convenablement exécutée, que la prise de la même source par l'ancien procédé, et que plus bas on établira l'aqueduc de prise dans le terrain aquifère, et plus on obtiendra l'eau ***régulièrement*** et en grande quantité.

Pour être complète, la captation supposera d'ailleurs, en outre, l'établissement d'une galerie filtrante continue, dont l'axe longitudinal soit parallèle à la ligne d'émergence des sources naturelles. Cette galerie coupera tout le terrain qui reçoit les eaux qui peuvent s'échapper entre ces dernières, et elle captera encore les eaux d'infiltration d'une partie des bassins hydrographiques secondaires situés immédiatement en aval. Tous les principes de construction qui précèdent sont applicables d'ailleurs à l'établissement de ce dispositif. Il sera établi souterrainement, à la plus grande profondeur possible, et autant que faire se pourra sur le terrain qui sert de base à la nappe aquifère. La galerie filtrante servira en même temps de collecteur général

pour les eaux captées aux points d'émergence. De cette façon le système ne sera pas seulement rationnel, il sera complet. En effet, l'extrême facilité avec laquelle l'eau entrera dans la galerie par tous les points du tracé pour s'écouler au fur et à mesure, réduira les pertes d'eau vers l'aval à un minimum négligeable, sinon à rien. En même temps la disparition complète des sources naturelles dans tout le terrain collecteur empêchera toute perte d'eau de source par écoulement superficiel, et l'ensemble du terrain collecteur ne sera plus qu'un seul réservoir dégorgeant ses eaux par une seule et vaste source, dans les conditions les plus favorables; en d'autres termes, l'eau du réservoir souterrain sera rationnellement captée et le débit sera notablement plus grand que celui que fournissaient les sources naturelles, tant parce que l'afflux dans le dispositif de prise sera beaucoup plus facile que parce que les pertes vers l'aval seront supprimées.

Il va de soi aussi que la galerie devra se trouver partout en contre-bas des sources que l'on voudra capter à leur point d'émergence, et que, si la distance entre ces dernières et la galerie collectrice est grande, le raccordement pourra se faire par groupes de sources afin de diminuer la dépense.

Le tracé de l'aqueduc filtrant, tel que nous venons de l'indiquer, aura encore d'autres avantages inestimables en pareille matière. Etant *normal* à la pente générale du terrain, il n'aura pas à couper les hautes côtes et son établissement représentera ainsi un minimum de dépense et de difficulté technique. C'est déjà un grand point, mais ce n'est pas tout. Lorsqu'on veut établir une distribution d'eau, un principe de sagesse administrative et de justice commande évidemment de recourir, autant que possible, à des systèmes qui puissent s'exécuter *successivement* au fur et à mesure

des besoins. On fait ainsi le nécessaire, pour quelques années, en laissant à ses successeurs les charges diverses à résulter de travaux qui ne pourront profiter qu'à eux; mais on leur rend cette tâche possible en arrêtant, dès le principe, un plan d'ensemble.

Tout système de prise par galerie filtrante fournit évidemment cet avantage d'être exécutable par sections successives, mais avec cette énorme différence que lorsque le profil coupe les pentes *à contre mont*, tout prolongement du dispositif a pour effet inévitable ou d'interrompre pour plusieurs mois le service de la distribution ou de ne permettre tout au moins que l'emploi d'une eau trouble ou insalubre. Chacun se rappelle que les eaux distribuées à Bruxelles furent dans ce cas pendant tout le temps des travaux de la galerie filtrante de Lillois-Witterzée. Avec la galerie normale aux pentes, rien n'est plus facile au contraire que de se débarrasser des eaux troubles provenant de la partie en cours d'œuvre. On ouvre, à cet effet, une décharge latérale dans le versant d'aval, et on la referme plus tard, lorsque les travaux sont finis et que la limpidité du débit est devenue complète. Cette décharge est aussi établie d'après les mêmes principes que la prise des sources émergentes, c'est-à-dire qu'on la creuse en souterrain sur une longueur convenable ; mais un soutènement provisoire en remplace le revêtement. Pendant l'exécution des travaux de chaque section de prolongement, on mure provisoirement l'ancienne galerie à une dizaine de mètres au moins de son extrémité, pour empêcher les eaux nouvelles, généralement troubles, de s'y introduire. A cet effet, il importe qu'on ménage toujours un regard à l'extrémité des sections exécutées.

On a proposé dans ces derniers temps un tracé de galerie qui ne saurait en aucune façon être admis. Il

consiste à plonger le dispositif dans le terrain à la plus grande profondeur possible, suivant l'axe longitudinal de la crête des plateaux. De cette façon on ne draine évidemment que la partie centrale de ces sommités. En supposant même les plateaux relativement larges et parfaitement horizontaux, ce qui n'arrive jamais, on ne saurait empêcher qu'une partie notable de leur approvisionnement souterrain ne s'écoule par les côtés. En fait, ils présentent généralement une ligne de partage plus ou moins prononcée, et comme c'est sous celle-ci ou dans son voisinage que passerait la galerie, la quantité d'eau ainsi recueillie serait nécessairement très-faible et surtout très-irrégulière, parce que la zone influencée par le drain serait très-étroite.

Ce système est basé sur une considération vraie en elle-même, mais illogiquement utilisée, savoir : qu'il tombe plus d'eau sur les crêtes que sur les côteaux. Or, en drainant le terrain le plus bas possible le long de sa pente, on prend à la fois l'eau des sommets, qui n'a pas d'autre voie d'écoulement, et celle des pentes elles-mêmes. En outre, on plonge ainsi sa galerie dans un terrain plus régulièrement fourni d'eau, parce que les déperditions de toute nature se portent tout d'abord sur l'approvisionnement des crêtes.

C. Nous abordons maintenant le point le plus délicat de la thèse, celui de l'estimation et de la régularisation du débit. Dans la pratique, on a singulièrement abusé jusqu'ici des *gathering grounds* de toute espèce, en les drainant à outrance et en prenant toute l'eau qu'on parvenait à en tirer. Il en est résulté de grandes déceptions et même, pour quelques ingénieurs qui n'en ont pas recherché les causes, bien simples pourtant, le discrédit du système. Ces personnes ont fini par croire, sans s'en assurer, qu'une source quelconque doit être considérée comme ne pouvant donner d'une manière

régulière que le volume d'eau que débitaient naturellement ses orifices *aux époques les plus sèches*. Rien n'est moins exact. Nous avons déjà prouvé que, sous ce rapport comme sous tant d'autres, l'art l'a emporté sur la nature, en fournissant le moyen si simple de supprimer le mouvement de siphon que celle-ci doit employer pour faire déborder ses fontaines, puis en empêchant les pertes vers l'aval, mais surtout en permettant de créer des orifices d'écoulement incomparablement plus vastes que ceux qu'elle emploie, et de les multiplier tant qu'on le voudra et dans les conditions les plus favorables, partout où il s'agit de terrains comme ceux qui nous occupent. On fait en cela exactement comme le drainage appliqué à l'agriculture, drainage qui bien certainement soutire au sol une plus grande quantité d'eau que celle qui s'écoulerait sans son concours. Or, la première conséquence de ce fait, c'est que l'abus devient ici possible et même facile. Il est inévitable même si l'on se borne, comme on l'a fait pour la galerie du Lillois jusqu'en ces derniers temps, à laisser écouler toute l'eau qui arrive dans la galerie à une époque quelconque. Dans ce cas, en effet, l'écart entre le débit maximum et le débit minimum du système existera évidemment à peu près comme dans le cas de l'écoulement naturel par les sources émergentes ; mais comme le débit sera, au total, notablement supérieur, il en résultera un appauvrissement successif de la nappe souterraine et finalement une diminution de débit. G. Dumont est, croyons-nous, le premier qui ait bien compris cette importante question. C'est dans tous les cas celui qui, chez nous, l'a résolue avant tout autre en établissant une vanne mobile à l'entrée de la galerie filtrante de Liége pour en limiter le débit et le régulariser en tout temps en maintenant le réservoir à un niveau convenable. Il est à peine besoin d'ajouter qu'il

a obtenu un plein succès. Sa galerie, dont le débit libre s'était maintenu entre les limites extrêmes de $7^{m^3},11$ et $4^{m^3},66$ par jour et par hectare depuis son parachèvement en 1868 jusqu'à la fin de mars 1870, n'a cessé de fournir depuis lors à tous les besoins de la ville et cela en laissant une énorme réserve dans le sol. La quantité soutirée a été en moyenne de plus de $4^{m^3},70$, et en été elle s'est élevée en moyenne à $5^{m^3},88$ par hectare et par jour, sans que la réserve d'eau fût un seul instant compromise. C'est bien là ce qu'on peut appeler un fort beau résultat.

Nous venons de voir, d'autre part, que l'exemple de Liége a été suivi récemment par le service des eaux de la capitale.

Ici se présente toute la difficulté apparente du problème, car il est évident que le volume d'eau que l'on peut tirer d'une manière régulière et permanente d'un terrain donné ne saurait être supérieur à celui qui s'y infiltre, année moyenne, pendant le fonctionnement du système, quelque bien que les dispositifs de prise aient été établis. Nous disons expressément *pendant le fonctionnement du système*, car il va de soi que le régime artificiel que l'on crée pour les eaux souterraines peut et doit avoir, dans la plupart des cas, une influence sur la quantité des eaux qui s'infiltraient naturellement dans le terrain. Cette conséquence, remarquons-le bien, ne peut être que d'augmenter ces infiltrations d'autant plus que la nappe aquifère se trouve plus rapprochée de la surface du sol ; car en écoulant l'eau souterraine d'une façon régulière et plus abondamment que la nature elle-même ne le faisait, on empêche la saturation et conséquemment l'imperméabilité de s'établir au même degré et aussi souvent dans les couches qui la recouvrent. Cela est d'ailleurs tout particulièrement applicable aux terrains qui sont recouverts d'une

couche d'argile hesbayenne que l'eau doit traverser en s'infiltrant. Chacun sait, en effet, que la terre à briques, très-avide d'eau à l'état plus ou moins sec, filtre très-bien et suffisamment vite lorsqu'elle est à demi mouillée, et qu'elle perd ensuite notablement de sa perméabilité à mesure qu'elle se sature d'humidité. Lorsqu'elle a été fréquemment remuée par le labour, à 20 ou 30 centimètres de profondeur, comme c'est le cas pour tous nos terrains de grande culture, elle absorbe, au fur et à mesure de sa chute, la presque totalité de l'eau qui la mouille par le fait des pluies régulières, quelque abondantes que soient celles-ci. Il n'y a guère que les fortes pluies d'orage, les pluies *battantes*, fournissant d'énormes quantités d'eau en un temps fort court, qui s'écoulent partiellement à sa surface. La compression de cette argile, surtout lorsqu'elle est à l'état humide (chemins, sillons de roues de voitures, traces de pieds de chevaux, etc.), la rend au contraire presque totalement imperméable, surtout lorsqu'elle est ensuite séchée lentement. Mais comme c'est la terre arable par excellence, il est à remarquer qu'elle se trouve partout dans les mains de l'agriculture et qu'ainsi elle doit, pour nous, être considérée comme une des terres qui laissent écouler le moins d'eau à leur surface après les pluies et la fonte des neiges. On aurait tout à fait tort, en effet, de se baser ici, comme cela est arrivé récemment, sur le principe qui sert de base à la détermination de l'ouverture des ponceaux. *Ce principe n'est vrai que pour les plus fortes pluies d'orage.* Ce sont elles, et elles seules, qui ont servi à l'établir. Conséquemment, s'il est sage de prévoir que la moitié, voire même les $^3/_4$ du produit des plus fortes pluies d'orage peuvent avoir à franchir l'ouverture des ouvrages d'art de l'espèce, cela ne prouve en aucune façon que la même proportion de la masse totale

des eaux de chute d'une année suivra la même voie.

L'argile hesbayenne, en sa qualité de *terre froide*, ne cède à l'évaporation qu'une faible partie de l'humidité que contient sa pellicule tout à fait supérieure ; et c'est un terrain que l'on ensemence généralement de grains, de pommes de terre et autres récoltes dont les racines ne plongent pas même jusqu'au fond de la couche arable, dont l'humidité ordinaire leur suffit amplement. Toutes ces conditions sont éminemment favorables à expliquer l'important rendement de la galerie de Liége. Des expériences directes, faites avec le plus grand soin dans les premiers jours du mois de mai dernier, nous ont permis de constater que, dans son état normal, à un mètre sous la couche arable, la terre à briques la plus pure laisse infiltrer en 10 minutes une couche d'eau de 12 $^1/_4$ millimètres d'épaisseur, c'est-à-dire le volume total d'une assez forte pluie, puisque Bruxelles n'en reçoit que dix en moyenne de cette importance en une année entière. A 20 centimètres sous la couche arable, la perméabilité est la même ; elle est un peu plus forte à 10 centimètres sous le terrain labouré.

Les opérations continuées immédiatement à 50 centimètres de profondeur, dans le sol vierge déjà mouillé par l'expérience précédente, donnèrent encore une infiltration de $0^m,028$ en 25 minutes.

Le 13 juin, 24 heures après la chute d'une pluie de 8 millimètres constatée avec soin sur les lieux mêmes (hauteur de la Cambre, à gauche du bois, côte 100^m), l'infiltration était, à $0^m,40$ sous la couche arable, de $11^{mm},34$ en 10 minutes. Elle était sensiblement la même à $0^m,10$ de profondeur dans le terrain vierge. Les mêmes puits, soumis ensuite à l'expérience continue pendant 3 jours et 3 nuits de suite, perdaient encore 5 $^1/_2$ millimètres par heure à la fin des opérations.

Ces faits prouvent à l'évidence avec quelle extrême facilité la terre à briques absorbe l'eau superficielle et celle qui se trouve en excès dans la couche arable, pour les porter au réservoir souterrain. Ils démontrent qu'on ne saurait accepter la comparaison que faisait récemment un ingénieur entre l'argile hesbayenne et le lias comme imperméabilité. Soit qu'on choisisse en effet dans le lias le calcaire à gryphites, soit qu'on y prenne sa seconde forme, qui est représentée par la roche quarzo-calcaire sur laquelle s'élève la forteresse de Luxembourg, il est bien évident que la comparaison est de tout point impossible.

Et remarquons bien ici que, si l'infiltration de l'eau est plus lente dans l'argile que dans les sables ordinaires, ce n'est point là un défaut pour le cas qui nous occupe. Le tout consiste en effet à savoir quelle est la quantité d'eau qui parvient annuellement à la couche aquifère et quelles sont les pertes par évaporation et par absorption des végétaux.

On s'est aussi, il y a très-peu de temps, fait de singulières illusions sur ces deux derniers points. Un savant n'a pas hésité à affirmer, d'après un calcul, que les 66 centièmes de la pluie s'évaporent après leur chute sans pénétrer dans le sol. Or, pour donner une idée de l'énormité de l'erreur que renferme cette opinion, nous dirons que, le 22 juin dernier, un vase très-plat rempli jusqu'au bord, exposé en plein soleil et sous l'action libre de l'air, au terrain d'expérience indiqué plus haut, ne perdit en $4^h\ 15'$ que $\frac{9}{10}$ de millimètre, et en $11^h\ 10'$ à peine $0^m,003$. Le temps était très-beau ; le soleil en frappant le thermomètre que nous avions exposé de manière à le soustraire le plus possible aux effets de réfraction locale, le maintenait entre 38° 50 (10^h du matin) et $40^\circ,75$ ($2^h\ 15'$ de relevée). La température à l'ombre avait varié entre 27° et 29° pendant la

seconde partie. Ajoutons d'ailleurs que cette évaporation déjà si faible se rapporte à un jour extrêmement favorable aux actions de l'espèce. Les jours de pluie, au contraire, l'air se déchargeant précisément de son excès d'humidité au lieu d'en absorber, l'évaporation qui succède aux chutes d'eau n'arrive qu'après un certain intervalle et est d'abord très-faible, ce qui permet à l'imbibition d'agir bien longtemps avant elle. Ainsi, le 12 juin, l'évaporation était insensible après une expérience continuée pendant les 6 premières heures qui suivirent la pluie, quoique les observations eussent été faites dans les conditions indiquées ci-dessus, sauf la température et l'état hygrométrique de l'air.

Il en est de même encore de la quantité d'eau qui s'absorbe immédiatement après les pluies par les végétaux ordinaires qui recouvrent l'argile hesbayenne. Nous en avons déterminé expérimentalement la quantité avec toute la précision possible. C'est aussi un quantum très-faible, et l'on ne doit guère en tenir plus compte que de l'évaporation. On le comprend d'autant mieux que les végétaux absorbent *avant les pluies* les vapeurs que l'air contient alors à sursaturation, vapeurs que le pluviomètre ne relève pas, mais dont l'hygromètre constate la présence. D'autre part, l'absorption par les végétaux n'est pas si brusque que la plus grande partie de l'eau qui s'infiltre dans la couche labourée n'ait pas tout le temps de se mettre hors de leur atteinte, puisqu'il suffit pour cela d'un très-petit nombre de minutes, voire de quelques secondes lorsqu'il s'agit de nos plantes de culture ordinaire. Et puis, la fraîcheur naturelle à l'argile vient ici aussi prêter son concours à l'infiltration, car on ne voit jamais ses végétaux épuisés d'humidité, languissants, fanés, comme ceux qui croissent dans les sables.

En présence de tous ces faits, il ne peut subsister

l'ombre d'un doute sur l'importance relative des eaux d'infiltration d'un terrain recouvert de terre à briques. L'expérience a d'ailleurs prouvé, de nombreux jaugeages de sources dans le Brabant et ailleurs, et la magnifique galerie de Liége ont confirmé une fois de plus que, dans ce terrain, les sources naturelles donnent, comme *débit moyen minimum* 4^{m3} par hectare et par jour, et les sources artificielles, bien établies, de 4^{m3},50 à 5^{m3}. On peut donc, sans craindre de déception, compter sur un rendement minimum et régulier de cette importance, selon que les conditions spéciales de chaque terrain collecteur, et surtout son altitude et la facilité d'établissement des travaux de prise, seront plus ou moins avantageuses, et selon qu'il alimentera une seule ou plusieurs nappes souterraines. Toutes ces particularités favorables étant singulièrement réunies dans l'exemple que nous avons choisi plus haut, on peut en inférer qu'il suffirait de drainer une superficie d'environ 20,000 hectares pour assurer au débit l'important volume de $100,000^{m3}$ par jour. Il faudrait d'ailleurs s'abstenir de prendre au-delà de ce chiffre, et il conviendrait même de rester quelque peu en dessous pendant les mois d'hiver. G. Dumont a conseillé cette précaution pour Liége, mais il est vrai que le terrain y est moins favorable puisqu'il contient plusieurs nappes d'eau superposées et que la nappe supérieure seule y est atteinte par le système de prise. La défalcation de la quantité d'eau nécessaire aux habitants du plateau de la Mehaigne représente aussi 5,000 à $6,000^{m3}$ (pour 20,000 hommes et 20,000 têtes de bétail). On ferait donc bien de ne prévoir qu'un rendement quotidien disponible d'environ $90,000^{m3}$ par jour, soit $100,000^{m3}$ en été et 80,000 en hiver. Il suffirait de porter la surface du terrain collecteur à 23,000 hectares si l'on voulait préparer une dépense régulière,

pleinement garantie, de 120,000^{m3} d'eau par jour en été et de 90,000^{m3} en hiver.

Rappelons d'ailleurs pour terminer, que, dans ces conditions, une réserve d'eau d'environ 35 millions de mètres cubes, c'est-à-dire l'approvisionnement total, à 100,000^{m3} par jour, pour près d'une année entière, serait retenue par la vanne au-dessus du niveau normal de la galerie du système, ce qui permettrait certes de faire face à toutes les périodes possibles de chaleur et de sécheresse.

MÉLANGES.



IV. LA RÉGLEMENTATION DES CHAUDIÈRES A VAPEUR EN ALLEMAGNE.

En publiant, dans le tome XXX des *Annales*, la loi prussienne du 3 mai 1872 relative à l'emploi des chaudières à vapeur, nous avons promis la traduction du règlement promulgué le 24 juin 1872, par le Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Travaux Publics, pour l'exécution du § 2 de l'art. 3 de cette loi. Voici ce document :

Règlement du 24 juin 1872 sur l'inspection des chaudières à vapeur en Prusse.

ART. 1er. — Toute chaudière à vapeur en activité doit être périodiquement l'objet d'une inspection par expert. Des exceptions à cette règle peuvent être autorisées, pour autant qu'elles ne compromettent pas la sécurité publique.

ART. 2. — L'inspection a pour but de constater l'état général de la chaudière, notamment de certifier qu'elle se trouve dans des conditions conformes au décret d'autorisation et d'assurer que les appareils de sûreté fonctionnent ainsi que le prescrivent ce décret et le règlement.

ART. 3. — L'inspection est faite, pour les chaudières des mines et salines auxquelles s'applique la loi minière du 24 juin 1865, par le fonctionnaire des mines du district, et pour les autres chaudières, par l'agent expert désigné par l'autorité compétente.

Le nom et le domicile de cet agent, ainsi que la désignation du ressort sur lequel s'étend sa juridiction, seront publiés dans le journal officiel.

Les chaudières, locomotives et locomobiles appartiennent au district dans lequel réside le propriétaire ou son représentant; les chaudières de bateaux, à celui où hivernent les bateaux ou bien, au cas où l'hivernement aurait lieu hors du pays, au district où se trouve le principal endroit d'escale.

ART. 4. — Les chaudières, dont les propriétaires appartiennent à une association qui fait soigneusement et régulièrement surveiller les chaudières, peuvent, avec l'autorisation du Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Travaux Publics, être dispensées de l'inspection officielle.

Il est donné connaissance, par le *Journal officiel*, des associations auxquelles ce privilége est accordé, comme de celles à qui il serait éventuellement retiré.

Par exception, le même privilége peut être accordé individuellement aux propriétaires de chaudières à vapeur, qui, par une surveillance régulière de celles-ci, se trouveraient dans les mêmes conditions que les associations susdites.

ART. 5. — Les associations susmentionnées ont à produire aux autorités royales (le Gouverneur, le Directeur des mines, et à Berlin, le Président de la Police Royale) une liste des chaudières affiliées, indiquant le nombre d'entre elles qui sont en activité dans la circonscription; elles produisent également un rapport qui expose toutes les visites effectuées dans le courant de l'année, ainsi que leur objet et la manière dont elles ont été faites. Ces associations doivent, en outre, donner à l'agent expert, pour la visite officielle des chaudières, dans la circonscription, prompt avis de chaque entrée de chaudière dans l'association, ainsi que de chaque sortie de l'une d'elles.

Les rapports annuels seront publiés et régulièrement déposés au Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Travaux Publics.

Les prescriptions du premier paragraphe s'appliquent également aux propriétaires de chaudières dispensés de la surveillance officielle, dont il est fait mention au § 3 de l'art. 4.

ART. 6. — L'inspection des chaudières est extérieure ou intérieure : la première se fait tous les deux ans; la seconde, tous les six ans, et conjointement avec la première.

ART. 7. — La visite extérieure consiste principalement en un essai complet de la manière de fonctionner de la chaudière; la mise hors feu n'est nécessaire pour cela que si des indices de défauts pouvant occa-

sionner un danger, se sont manifestés, dont l'existence et l'importance ne peuvent être constatées autrement.

Cette visite porte principalement : sur les appareils servant à l'alimentation de la chaudière ; sur le fonctionnement et l'état des moyens de constater, en tout temps, avec certitude, le niveau de l'eau ; sur les appareils qui permettent de nettoyer la chaudière et de découvrir les dépôts accumulés sur ses parois ; sur les appareils permettant de connaître la tension de la vapeur ; sur le fonctionnement et l'état des moyens de permettre un libre échappement de la vapeur, lorsque la pression maximum est dépassée ; sur le fonctionnement et l'état du foyer, les moyens de régler et d'interrompre le plus facilement l'accès de l'air atmosphérique, et ceux destinés à enlever rapidement les feux. On examinera également si le chauffeur connaît les appareils nécessaires à la sécurité du fonctionnement et sait les employer.

Art. 8. — La visite intérieure porte principalement sur l'état de la chaudière ; en général, elle comprend aussi une vérification de la résistance de ses parois et de son état intérieur. Elle est toujours accompagnée d'un essai à la pression hydraulique, comme il est prescrit par l'art. 11 du règlement général sur les chaudières à vapeur du 29 mai 1871. Pour cette visite, la chaudière doit être mise hors feu.

L'inspection porte particulièrement : sur l'état des parois de la chaudière, des rivures et des tirants (ancres) à l'extérieur comme à l'intérieur ; des conduits de flamme et de fumée et des tubulures, afin de constater si la solidité de ces parties n'est pas compromise par l'usage ; au besoin, pour cette visite, on retirera les tubes dans les foyers construits à l'instar de locomotives ; l'inspection porte également sur la présence et la nature des dépôts, sur l'état des conduites d'eau et des tuyaux de purge ; sur l'état des soupapes d'alimentation et de sûreté, des communications entre la chaudière et le manomètre et l'indicateur de niveau d'eau, ainsi que sur les mêmes communications avec les autres appareils de sûreté ; enfin sur l'état de la grille, de l'autel et des carneaux intérieurs et extérieurs. Si l'inspection ne peut se faire à suffisance en parcourant les carneaux ou d'une autre manière aussi simple, la maçonnerie ou l'enveloppe doit être enlevée, soit aux seuls endroits à visiter, soit complétement, si la chose est jugée nécessaire.

Art. 9. — Lorsqu'en suite d'une inspection, des irrégularités notables sont constatées, la visite extérieure peut, de l'avis conforme du fonctionnaire inspecteur, être répétée l'année suivante.

Si une inspection a décélé des défauts qui peuvent amener du danger, auxquels il ne peut être immédiatement remédié, l'inspection doit être faite de nouveau, après expiration du délai requis pour la remise de la chaudière en bon état, conformément à ce qui aura été prescrit.

Si, à la suite de l'inspection, il est reconnu que la chaudière se trouve dans un état de danger immédiat, l'usage en sera interdit, jusqu'à disparition du danger. Dans ce cas, avant qu'elle soit de nouveau autorisée à fonctionner, il sera fait une inspection complète et une vérification du bon état de l'appareil conformément aux prescriptions réglementaires.

ART. 10. — La visite extérieure se fait sans avertissement préalable au propriétaire de la chaudière.

Pour la visite intérieure, le propriétaire doit être informé au moins quatre semaines d'avance ; le fonctionnaire inspecteur cherchera à se mettre d'accord avec le propriétaire, pour fixer la date de manière à porter le moins possible préjudice à l'établissement.

Les chaudières locomobiles, après invitation publique, doivent être rendues prêtes pour l'inspection, par les propriétaires ou leurs représentants, lors de la révision annuelle, à un endroit désigné à volonté, à l'intérieur de la circonscription d'inspection.

L'inspection des chaudières de bateaux ne doit pas interrompre les voyages de ceux-ci ; la visite intérieure des mêmes appareils se fera avant le commencement des voyages de l'année de la révision.

Dans le cas où un propriétaire de chaudière ne répondrait pas à l'invitation du fonctionnaire chargé de l'inspection, de tenir prête la chaudière pour être visitée, celle-ci sera, sur la réquisition du fonctionnaire inspecteur, mise hors d'activité par mesure de police, jusqu'à nouvel ordre.

Le propriétaire de la chaudière doit fournir au fonctionnaire inspecteur, sur sa demande et gratuitement, l'aide nécessaire pour effectuer son inspection.

ART. 11. — Le propriétaire doit tenir, pour chaque chaudière, un registre d'inspection, qui est conservé près de celle-ci. A ce registre doit être joint le certificat de réception, selon le N° 6 de l'instruction, pour l'exécution de l'ordonnance sur l'industrie du 21 juin 1869, ou les prescriptions ultérieures sur cet objet.

Le résultat de la visite est noté dans ce registre d'inspection. L'inspecteur adresse copie de cette note à l'autorité de police du lieu où se trouve

la chaudière. Celle-ci veille à ce que les mesures nécessaires soient prises pour faire disparaître les défauts et les irrégularités signalés.

ART. 12. — L'inspecteur adresse, à la fin de l'année, au Gouverneur de la circonscription, à Berlin, au Président de la police royale, un rapport sur les visites de chaudières qu'il a effectuées pendant l'année; ce rapport indique, pour chaque chaudière, l'endroit où elle se trouve, son usage, le nom du propriétaire, le jour de la révision, et, en peu de mots, le résultat de celle-ci.

ART. 13. — Pour chaque visite extérieure, il est dû une taxe de 5 thalers. Lorsque plusieurs chaudières appartiennent à un même établissement, la taxe entière ne sera perçue que pour la première; pour les autres, elle sera réduite de moitié lorsque leur visite se fera dans le courant de la même année que la première, ce qui devra se faire, pour autant et toutes les fois qu'il n'y a pas de motifs sérieux qui s'y opposeraient. Lorsque la visite est en même temps intérieure, la taxe à payer en tous cas est de dix thalers pour chaque chaudière.

ART. 14. — Pour chaque visite extraordinaire (Art. 9) qui se fera en dehors de la résidence du fonctionnaire inspecteur, celui-ci a droit à ses frais de route et de séjour réglementaires.

ART. 15. — Les taxes et frais (Art. 13 et 14) sont établis par l'autorité de police où la visite a eu lieu, et encaissés par elle chez le propriétaire.

Le document qui précède renvoie, dans certaines de ses dispositions, au règlement général du 29 mai 1871, sur les chaudières à vapeur. Ce règlement, qui est applicable à l'Empire allemand tout entier, nous paraît offrir beaucoup d'intérêt, tant parce qu'il complète le précédent que par les dispositions neuves qu'il présente. Nous en donnons ci-après la traduction.

Règlement général de police sur l'établissement des chaudières à vapeur dans l'empire allemand (29 mai 1871.)

I. CONSTRUCTION DES CHAUDIÈRES.

Parois des chaudières.

ART 1er. — L'emploi de la fonte est interdit, dans la construction des chaudières, pour les parois exposées au feu, ainsi que pour les tubes à

feu et les tubes bouilleurs, lorsque le diamètre intérieur de ces appareils dépasse $0^{m},25$ pour la forme cylindrique et $0^{m},30$ pour la forme sphérique.

L'emploi du laiton n'est permis que pour les tubes à feu dont le diamètre intérieur ne dépasse pas $0^{m},10$.

Carneaux.

ART. 2. — Le point le plus élevé des carneaux intérieurs ou extérieurs doit se trouver à $0^{m},10$ au moins plus bas que le niveau en-dessous duquel l'eau ne doit jamais descendre dans la chaudière. Pour les chaudières de bateaux, de 1 à 2^{m} de large, cette distance doit être de $0^{m},15$ au moins; pour une largeur supérieure à 2^{m}, de $0^{m},25$ au moins.

Ces prescriptions ne s'appliquent pas aux chaudières composées de tubes bouilleurs de moins de $0^{m},10$ de diamètre, ni aux carneaux pour lesquels il n'est pas à craindre que les parties de parois en contact avec la chambre de vapeur qu'ils chauffent, puissent rougir. Seront considérées comme ne présentant pas ce danger, les chaudières dans lesquelles la surface en contact avec l'eau, chauffée par les flammes avant qu'elles atteignent les parois en contact avec la vapeur, est au moins de 20 fois la surface de la grille, lorsque le foyer est à tirage naturel, et de 40 fois cette surface lorsqu'il est à tirage forcé.

II. ACCESSOIRES DES CHAUDIÈRES.

Alimentation.

ART. 3. — Chaque chaudière doit être munie d'une soupape d'alimentation qui se ferme, en cas d'arrêt de l'appareil alimentaire, par la pression intérieure du générateur.

ART. 4. — Chaque chaudière doit être munie de deux appareils d'alimentation efficaces, qui ne dépendent pas d'un seul et même dispositif de mise en activité, et qui soient capables chacun de fournir la quantité d'eau nécessaire à l'alimentation de la chaudière. Pour ce qui concerne cette prescription, un groupe de chaudières en communication est assimilé à une seule chaudière.

Indicateurs du niveau d'eau.

ART. 5. — Chaque chaudière doit être munie d'un indicateur de niveau d'eau en verre et d'un second appareil pour l'indication du

niveau d'eau. Chacun de ces appareils doit être séparément en communication avec l'intérieur de la chaudière; un même tuyau de communication ne peut être commun aux deux, que pour autant qu'il ait une section intérieure de 60 centimètres carrés au moins.

ART. 6. — Si des robinets de jauge sont employés, celui que l'on place le plus bas doit être fixé au niveau en-dessous duquel l'eau ne doit jamais descendre dans la chaudière. Chaque robinet de jauge doit être disposé de manière à pouvoir être traversé en ligne droite, pour l'enlèvement des dépôts incrustants.

Marque du niveau d'eau.

ART. 7. — Le niveau en-dessous duquel l'eau ne doit jamais descendre dans la chaudière, doit être indiqué par une marque bien visible, sur l'indicateur en verre, sur la paroi du générateur et sur le parement du fourneau.

Soupapes de sûreté.

ART. 8. — Chaque chaudière doit être munie, au moins, d'une soupape de sûreté convenable.

Si plusieurs chaudières possèdent un collecteur de vapeur commun, dont elles ne peuvent être séparées isolément, deux soupapes de sûreté suffisent pour le groupe.

Les chaudières de bateaux, de locomobiles et de locomotives doivent toujours avoir au moins deux soupapes de sûreté. Dans les chaudières de bateaux, à l'exception des bateaux pour la navigation maritime, l'une des soupapes doit être disposée de telle sorte que la charge réglementaire puisse être examinée, du pont, avec facilité.

Les soupapes de sûreté doivent toujours pouvoir être soulevées. Elles doivent être chargées au maximum de telle sorte qu'elles laissent échapper la vapeur, dès que la pression atteint le taux au-delà duquel la chaudière ne peut fonctionner.

Manomètres.

ART. 9. — Chaque chaudière doit être munie d'un manomètre efficace sur lequel est indiqué, par une marque apparente, la limite que la pression de la vapeur ne peut dépasser dans la chaudière.

Les chaudières des bateaux doivent être munies de deux semblables manomètres. L'un des deux se trouve en vue du chauffeur et l'autre sur

le pont, à un endroit où il puisse être facilement observé. Cette dernière prescription ne s'applique pas aux bateaux pour la navigation maritime. Si le bateau renferme plusieurs chaudières, dont les chambres de vapeur sont en communication, outre les manomètres à chaque chaudière, un seul est suffisant sur le pont.

Marque des chaudières.

Art. 10. — Sur chaque chaudière doivent être indiqués, en évidence et d'une manière durable, la limite que ne doit pas dépasser la pression de la vapeur, le nom du fabricant, le numéro de fabrication et l'année de la construction.

III. ÉPREUVES DES CHAUDIÈRES.

Épreuve par pression.

Art. 11. — Chaque chaudière à établir doit, après assemblage définitif de ses parties et avant d'être emmuraillée ou recouverte de son enveloppe, subir, toutes ses ouvertures étant fermées, une épreuve hydraulique.

Cette épreuve se fait au double de la pression effective maxima, pour les chaudières dans lesquelles celle-ci ne doit pas dépasser 5 atmosphères, et, pour les autres, à 5 atmosphères en plus que cette pression maxima. Par atmosphère on entend une pression d'un kilogramme sur un centimètre carré.

Les parois des chaudières doivent résister à la pression sans montrer ni déformations permanentes ni fuites. Par fuites on doit entendre tout échappement d'eau se produisant par les joints à la pression d'épreuve, sous une autre forme que nuage ou fines perles.

Art. 12. — Lorsqu'une chaudière, pour être réparée, a dû être transportée à la chaudronnerie, ou bien, sans déplacement, avoir été entièrement mise à nu, elle doit subir, de la même manière qu'une chaudière à établir, l'épreuve hydraulique.

La même épreuve doit être faite pour les chaudières à foyer intérieur et les chaudières tubulaires types locomotives, lorsque, respectivement, le tube intérieur et la boîte à feu ont dû être enlevés pour réparation ou renouvellement, et, pour les chaudières cylindriques et à bouilleurs, lorsque une ou plusieurs tôles ont été renouvelées. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de mettre la chaudière complétement à nu.

Manomètre d'épreuve.

Art. 13. — La pression à laquelle se fait l'épreuve ne peut être constatée que par un manomètre à air libre suffisamment élevé ou par le manomètre officiel (1) du fonctionnaire chargé de l'essai.

Chaque chaudière doit être munie d'une tubulure qui permette à ce fonctionnaire d'y adapter le manomètre officiel.

IV. INSTALLATION DES CHAUDIÈRES.

Lieu de l'emplacement.

Art. 14. — Il est interdit d'installer sous des locaux dans lesquels des personnes se tiennent journellement, les chaudières destinées à fonctionner à plus de quatre atmosphères de pression effective, et celles pour lesquelles le produit de la surface de chauffe en mètres, par la pression effective en atmosphères dépasse vingt. Cette installation est également interdite à l'intérieur de semblables locaux, lorsque ceux-ci sont voûtés ou couverts d'un plafond de poutres fixe.

Toute chaudière installée sous un local dans lequel des personnes se tiennent journellement, doit avoir son foyer disposé de telle sorte que l'action du feu sur la chaudière puisse être instantanément interrompue.

Sont exceptées de la disposition qui précède, les chaudières formées de tubes bouilleurs de moins de 10 centimètres de diamètre, ainsi que les chaudières souterraines de mines et celles de bateaux.

Maçonnerie des chaudières.

Art. 15. — Entre la maçonnerie qui enferme le foyer et les carneaux des chaudières fixes, et les murs voisins de l'installation, on doit ménager un espace de huit centimètres au moins, qui peut être ouvert par le haut et fermé aux extrémités.

V. DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 16. — Lorsque des installations de chaudières actuellement en activité, et qui ne satisfont pas aux prescriptions ci-dessus, doivent subir un déplacement, aucun changement ne peut être requis pour l'au-

(1) Nous avons donné, t. 30, p. 319, la description du manomètre étalon adopté par le Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Travaux Publics, en Prusse.

torisation dans la construction de la chaudière, en application des art. 1 et 2. Par contre, toutes les autres prescriptions qui précèdent leur sont applicables.

ART. 17. — Les autorités centrales des États confédérés peuvent accorder, dans des cas spéciaux, des dérogations aux prescriptions qui précèdent.

ART. 18. — Les prescriptions qui précèdent ne sont pas applicables :

1° Aux vases à bouillir, chauffés au moyen de vapeur provenant d'un autre générateur à vapeur ;

2° Aux surchauffeurs ou récipients dans lesquels la vapeur, prise d'un autre récipient, est chauffée spécialement par l'action du feu ;

3° Aux chaudières à bouillir, dans lesquelles la vapeur d'eau peut prendre naissance, par l'action du feu, lorsque ces appareils sont en communication avec l'atmosphère, par un tuyau vertical ouvert pénétrant dans la chambre d'eau, et n'ayant ni plus de 5 mètres de haut ni moins de 8 centimètres de diamètre.

ART. 19. — Les chaudières de locomotives demeurent, en outre de ce qui précède, soumises aux prescriptions du règlement de police des chemins de fer, du 3 juin 1870.

Traduit du *Zeitschrift für das Berg-Hutten und Salinen Wesen in dem Preussischen Staate.*

HENRI WITMEUR.

V. LAMPES DE SURETÉ POUR LES MINES.— TRAVAUX DE LA COMMISSION INSTITUÉE PAR ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 20 JANVIER 1868.

Par arrêté du 16 avril 1867, M. le Ministre des Travaux Publics avait institué une commission d'ingénieurs pour examiner s'il y avait lieu d'autoriser, pour l'éclairage des mines à grisou, l'emploi de diverses lampes de sûreté alimentées à l'huile de pétrole.

Cette commission avait commencé ses travaux, lorsqu'en 1868, à la

suite d'expériences faites en Angleterre sur des lampes de mines placées dans des courants explosifs animés de grandes vitesses, M. le Ministre élargit, par un arrêté du 20 janvier, le programme de la commission, en la chargeant de l'examen comparatif des divers appareils d'éclairage, tant de ceux qui étaient déjà en usage dans les mines, que de ceux, à huile végétale ou minérale, qui avaient été récemment proposés. La commission fut également complétée à la même époque (1).

L'extension du programme a provoqué la présentation d'un très-grand nombre d'appareils d'éclairage ; une sous-commission fut nommée dans le sein de la commission à l'effet de procéder à des expériences *préliminaires* qui permissent un premier travail d'*élimination*. Divers événements interrompirent les travaux de la commission ; ils furent repris en 1872, et marqués par une série de nombreuses expériences ; ces expériences, de même que celles entreprises en 1868 par la sous-commission, eurent lieu à l'une des usines à gaz de Liége.

Les circonstances et les résultats des expériences sont inscrits dans les tableaux détaillés publiés ci-après, tableaux qui doivent être considérés comme rentrant dans les éléments d'appréciation sur lesquels s'appuiera l'avis ultérieur de la commission. A ces tableaux sont joints un tableau descriptif des lampes, et des croquis ; ceux-ci, bien que n'indiquant pas les détails de l'agencement des pièces, sont suffisants pour faire saisir le caractère des innovations proposées.

L'appareil d'expérimentation, dont il n'est pas nécessaire de donner ici une description détaillée, se composait d'une caisse-galerie en bois, dans laquelle se plaçaient les lampes à essayer ; l'une des parois était percée d'ouvertures garnies de glaces épaisses qui permettaient de voir ce qui se passait dans l'intérieur. Un ventilateur à force centrifuge, mû par une machine à vapeur, déterminait dans la caisse-galerie un courant d'air rapide dans lequel on introduisait, à un moment donné, le gaz d'éclairage venant d'une cloche spécialement réservée pour les expériences de la commission. Une vanne hydraulique servait à produire, à arrêter et à régler l'émission du gaz. La caisse-galerie était enfermée dans une chambre noire, afin que l'on pût mieux saisir les phénomènes dans tous leurs détails ; le levier au moyen duquel on manœuvrait la vanne se trouvait dans l'intérieur de cette chambre.

(1) A la suite de diverses mutations, elle se composait, en dernier lieu, de : MM. Jochams, inspecteur général des mines, *président* ; Trasenster, professeur à l'Université de Liege, *vice-président* ; les ingénieurs en chef Laguesse et Van Scherpenzeel-Thim ; Chandelon, professeur à l'Université de Liége ; l'ingénieur principal Lambert ; E. Mockel, directeur de charbonnages ; les ingénieurs Harzé, *secrétaire* et Schorn *secrétaire-adjoint*.

La marche de la machine pouvait très-facilement être réglée de manière à obtenir des courants d'une vitesse très-sensiblement uniforme, pendant la durée d'une série d'expériences. Cette uniformité a été constatée par de nombreuses observations au moyen des anémomètres Biram et Dickinson. Ce dernier, surtout, d'un usage facile et rapide, était employé à invervalles rapprochés pour contrôler la marche de la machine.

En ce qui concerne la composition des mélanges, des expériences spéciales ont été faites pour déterminer approximativement les proportions de gaz correspondant à diverses ouvertures de la vanne. Ces expériences ont donné les résultats suivants, pour une vitesse de 6 mètres du mélange :

OUVERTURE de la VANNE.	PROPORTION de gaz DANS LE MÉLANGE.	EFFETS EXPLOSIFS OBTENUS.
Cran A	11 ½ p. %.	Inflammation simple.
— B	14 —	Explosion.
— C	16 —	Violente explosion.
— C'	18 ½ —	Violente explosion.
— D	24 —	Le mélange cesse de brûler.

Les expériences ont, en général, été faites dans des mélanges animés d'une vitesse d'environ 6 mètres par seconde, vitesse reconnue dangereuse pour la lampe Mueseler ordinaire, tandis que des vitesses de 3 à 4 mètres, ont, dans presque tous les cas, été trouvées inoffensives.

Afin d'étudier d'une manière aussi complète que possible les phénomènes qui peuvent se produire dans les diverses circonstances de l'usage habituel des appareils d'éclairage, et de se rendre compte avec quelque certitude du degré de confiance que l'on peut attacher aux différents systèmes d'appareils, on a introduit dans l'expérimentation certaines particularités aggravantes, notamment :

1° La continuation de l'expérience pendant un temps aussi long que possible, c'est-à-dire pendant cinq à six minutes; la quantité de gaz emmagasinée dans la cloche ne permettait pas de dépasser cette durée,

lorsque la vitesse du courant était d'environ 6 mètres. La lampe Mueseler étant placée dans un courant explosif de cette vitesse, on remarque, après l'extinction de la mèche, que le gaz continue à brûler sous la toile horizontale ; on pouvait craindre que cette combustion, prolongée pendant un certain temps, amenât le rougissement de la toile horizontale, et par suite la propagation de la flamme à l'extérieur. Cependant peu d'explosions se sont produites dans les expériences de ce genre, et on pourrait dire que la prolongation à outrance de l'action des mélanges explosifs rapides sur les lampes Mueseler n'est pas, par elle-même, une cause déterminante de l'explosion.

2° On a essayé d'enduire d'huile et de saupoudrer ensuite de poussière de charbon la toile horizontale des lampes, état qui peut se produire dans les mines lorsqu'une lampe est renversée, soit que la chûte ne l'ait pas éteinte, soit que la lampe éteinte ait été rallumée par un préposé peu soigneux. Il a été reconnu que cet état des lampes détermine assez facilement des explosions, surtout lorsque le courant explosif est animé d'une certaine vitesse.

3° Les lampes des ouvriers qui circulent dans les travaux de mines sont souvent soumises à des oscillations plus ou moins brusques et plus ou moins fortes, suivant le degré de précaution de celui qui en est porteur. Des expériences tentées à cet effet ont fait reconnaître que le balancement diminue la sûreté des lampes, surtout dans le cas où une lampe qui oscille se trouve tout-à-coup entourée d'un mélange explosif.

4° On avait observé, dans certaines expériences, que des variations dans les proportions du mélange gazeux paraissaient avoir facilité le passage de la flamme à l'extérieur de la lampe ; la commission a été ainsi conduite à faire usage d'une manœuvre étudiée de la vanne, désignée dans les tableaux par le signe *Sch*, et qui consiste essentiellement en ce qui suit : La lampe est d'abord éteinte au moyen d'une venue de gaz assez forte, qui est maintenue pendant quelques instants, pour amener l'échauffement des parties métalliques. La venue de gaz est ensuite diminuée graduellement, à peu près jusqu'au point où le mélange va cesser d'être combustible ; il se produit ordinairement, à ce moment, ou l'extinction totale de la lampe, ou le passage de la flamme, par la cheminée, dans le cylindre en toile métallique. Dans ce dernier cas, l'explosion est inévitable, surtout si l'on a soin, au même moment, d'augmenter un peu la proportion de gaz. Cette succession de circonstances, quelque forcée qu'elle paraisse à première vue, peut fort bien se pro-

duire dans les mines, où la composition des mélanges gazeux en circulation est loin d'être uniforme. Des explosions relativement fréquentes ont été obtenues par cette manœuvre, plus ou moins variée suivant les cas et suivant le système de lampe soumis à l'expérience. On peut conclure de là que les mélanges contenant très-peu de gaz donnent plus facilement lieu au passage de la flamme par la cheminée, fait qui s'explique, du reste, par la faible quantité d'acide carbonique produite par la combustion du mélange dans le cylindre en verre.

5° La commission a aussi jugé utile d'observer l'effet produit sur les lampes par les courants inclinés, soit ascendants, soit descendants. Faute de temps, on n'a pu réaliser la disposition qui avait été arrêtée dans ce but; on s'est servi, pour en tenir lieu, d'un petit appareil que l'on introduisait dans la caisse; il se composait de deux planchettes parallèles, inclinées sur l'horizon d'environ 30°, et percées chacune d'une ouverture elliptique pour emboîter la lampe. Cet appareil produisait, non-seulement l'inflexion de la veine fluide, mais encore des tourbillonnements dont l'existence était dénoncée par les vacillations de la flamme. C'est sans aucun doute à ces tourbillonnements que sont dûs les effets désastreux des expériences de ce genre, auxquelles aucune lampe n'a résisté. En présence des résultats observés, on peut admettre que l'emploi des appareils à courants inclinés avait pour effet de changer complétement le régime de la combustion des lampes, le mélange gazeux arrivant sur la flamme par la cheminée, tandis que les produits de la combustion s'évacuaient par la toile horizontale. On doit en conclure aussi que les tourbillons qui se produisent lorsqu'un courant d'air rapide, sortant d'une taille ou d'un bouxhtay, vient déboucher dans une galerie, créent une situation éminemment dangereuse, si ce courant est plus ou moins mélangé de gaz, et que les mineurs ne sauraient user de trop de circonspection en approchant de ces endroits.

Le tableau descriptif annexé fait connaître les divers systèmes de lampes qui ont été essayés ; les autres tableaux donnent les résultats détaillés des essais. Certaines lampes n'ont été l'objet que d'un petit nombre d'expériences : les unes parce qu'elles produisaient trop facilement des explosions, les autres parce qu'elles brûlaient mal et étaient d'une construction peu pratique.

L'ensemble des expériences a prouvé qu'aucun appareil d'éclairage

ne peut être considéré comme absolument de sûreté : En ce qui concerne les lampes Davy et de porion, il était reconnu, dès le principe, qu'elles ne donnent aucune espèce de sécurité dans les courants explosifs animés d'une vitesse de $2^m,25$ et au-delà. D'ailleurs la commission de St-Étienne avait déjà constaté que ces lampes cessaient d'être de sûreté dans un courant explosif animé de la vitesse de $1^m,70$ par seconde. On ne s'est donc servi de ces lampes que lorsqu'on désirait produire des explosions, et principalement pour s'assurer de la compositon des mélanges.

La lampe Mueseler, type ou non type, s'est généralement bien comportée ; cependant, elle a dans plusieurs cas produit des explosions dont les causes déterminantes n'ont pu être bien connues ; la manœuvre spéciale *Sch* de la vanne, le graissage de la toile horizontale, le balancement et les courants ascendants tourbillonnants ont déterminé aussi des explosions. Il a été reconnu que la sûreté de cette lampe réside surtout dans l'étroitesse de la partie supérieure de la cheminée, dont il convient de diminuer le diamètre autant que le permettent les exigences de la pratique.

Parmi les divers systèmes dérivés du type Mueseler, les lampes Godin G et Joassin ont seules résisté à presque toutes les expériences. La première produit peu de lumière, comparativement à la lampe Mueseler, à cause du cône intérieur en toile métallique qui entoure la flamme ; par sa résistance aux diverses causes d'explosion, et par la persistance avec laquelle elle conserve le feu dans les mélanges explosifs, elle pouvait être considérée comme une bonne lampe de sauvetage, pour les cas où il est nécessaire de pénétrer dans des travaux infestés de grisou ; malheureusement, il a été reconnu que cette lampe donne lieu à des explosions dans les courants inclinés et tourbillonnants, soit ascendants, soit descendants.

La lampe Mueseler-Joassin est, de toutes les lampes soumises aux expériences, celle qui s'est le mieux comportée ; les courants ascendants et tourbillonnants, combinés avec la manœuvre *Sch* de la vanne, ont seuls pu la mettre en défaut. Mais aussi, ce sont là les circonstances les plus dangereuses auxquelles un appareil d'éclairage puisse se voir exposé.

Indépendamment des lampes présentées par divers inventeurs, la commission, se basant sur l'expérience acquise dans le cours de ses travaux, a essayé d'apporter quelques modifications de détail à la lampe

Mueseler ; ces modifications ont porté surtout sur le diamètre de la cheminée au sommet, ainsi que sur sa forme à la base, et sur la distance entre celle-ci et le porte-mèche.

Il a été reconnu, comme il a déjà été dit, que l'étroitesse de la partie supérieure de la cheminée constitue une grande garantie de sûreté, dans la lampe Mueseler et dans les lampes qui en dérivent ; il a été reconnu aussi que l'existence ou la non-existence d'un pavillon à la base de la cheminée, ainsi qu'une différence de quelques millimètres dans la hauteur à laquelle la cheminée est placée au-dessus du porte-mèche, ne modifient pas essentiellement le degré de sûreté de la lampe ; il y a cependant une nuance en faveur de la cheminée type.

Une autre modification a consisté dans la division de la partie supérieure des cheminées en plusieurs canaux, de manière à obtenir en même temps des orifices d'échappement de très-petits diamètres, et une section totale suffisante pour le dégagement des produits de la combustion. Cette disposition, dans laquelle M. Demanet s'est rencontré avec la commission, n'a produit aucun résultat utile dans les courants inclinés à tourbillons.

La commission a encore fait quelques essais pour déterminer l'influence que pouvait avoir la nature du tissu métallique sur la rapidité de la transmission de la flamme. Ces expériences, faites au moyen des lampes de porion, n'ont pas toujours donné des résultats précis, l'explosion ayant lieu dans tous les cas au bout d'un temps très-court ; toutefois, la durée pendant laquelle un tissu résiste aux influences explosives croît en raison de la grosseur du fil et de la petitesse des mailles.

Les lampes soumises aux diverses expériences étaient munies, soit de verres ordinaires, soit de verres en cristal, provenant, les uns et les autres, des établissements du Val-St-Lambert. Les manchons en cristal n'ont pas mieux résisté à l'échauffement que les manchons en verre ; les fractures qui s'y manifestent sont même plus irrégulières, et partant, plus dangereuses que dans les verres ordinaires. Mais il est à noter que, quelle que fût la matière employée dans la fabrication de ces manchons, la commission, dans le cours de ses nombreuses expériences, n'a eu à constater aucun cas d'explosion dû à leur rupture, les fragments restant maintenus dans les douilles d'armature.

En terminant cette notice, il convient d'observer que, par suite du peu de longueur de la caisse d'essai, le gaz, à son arrivée sur la lampe, ne pouvait jamais être dans un état de mélange intime avec l'air. On

doit signaler aussi l'état de l'atmosphère, la température et le degré d'humidité de l'air, la composition d'un gaz de fabrication plus ou moins récente, etc., etc., comme des causes qui ont pu influer sur la constance des résultats obtenus. Le moment dangereux de l'exposition d'une lampe étant suivi, soit de l'explosion extérieure, soit de l'extinction totale, produite par un tournoiement de la flamme ou par une petite explosion intérieure, on conçoit qu'il suffit d'une légère nuance dans les circonstances de l'expérience, qu'il suffit d'un souffle, en quelque sorte, pour faire varier un résultat. D'où la nécessité des expériences nombreuses auxquelles il a été procédé, et qui formeront une partie importante des matériaux sur lesquels la commission aura à baser son appréciation.

État descriptif des lampes essayées pa[r]

DÉSIGNATION ET DESCRIPTION DES LAMPES.	CHEMINÉE — FORME.	DIMENSIONS PRINCIPALES — DIAMÈTRE — au sommet. millim.	à la base. millim.	Distance de la toile horizontal[e] — au sommet de la cheminée. millim.	à la base de la cheminée. millim.
I					
DAVY.					
Construction du Couchant de Mons	»	»	»	»	»
— française (Dubrulle, de Lille)	»	»	»	»	»
— anglaise	»	»	»	»	»
A double toile et à verre intérieur	»	»	»	»	»
LAMPE DITE DE PORION.					
Construction de Charleroi, à simple toile	»	»	»	»	»
— du Couchant de Mons, à double toile	»	»	»	»	»
Lampe Mueseler, de Liége, dépourvue de la cheminée. exemplaire *a*	»	»	»	»	»
— *b*	»	»	»	»	»
LAMPE CLUNY.					
Construction anglaise	»	»	»	»	»
LAMPE CHANTANTE DU DOCTEUR IRVIN.					
Construction anglaise. Cheminée en bronze, munie d'un disque en verre et terminée par une pièce (sorte de chicane), laquelle détermine les vibrations plus ou moins sonores de l'appareil, dans le cas de la combustion d'une certaine proportion de gaz. Admission de l'air par deux toiles, dont l'une horizontale sous le porte-mèche ; sortie des produits de la combustion par un petit cylindre, également en tissu métallique, qui environne la partie supér^{re} de la cheminée.	»	»	»	»	»
II					
MUESELER, TYPE.					
Conforme à l'arrêté ministériel du 10 juillet 1851	conique et évasée à la base.	10	30	90	27
MUESELER, TYPE DE LIÉGE.					
Exemplaire *a* provenant du charbonnage de la Haye	—	10	30	90	27
— *b* — —	—	9 1/2	30	90	27
Exemplaire provenant du charbonnage de Marihaye	—	10	30	87	27
— à cheminée *A'*, raccourcie à la base	—	10	30	90	22
MUESELER, TYPE DU HAINAUT.					
Couchant de Mons. Exempl. *a* prov[t] du charbonn[ge] de l'Agrappe.	—	10 3/4	31	92	28
— *b* — —	—	10	31	90	27
— (ancien type) de la sous-commission.	simplem[t] conique	10 3/4	30 1/2	88	20 1/[2]
Charleroi. Exemplaire provenant du charbonnage de Marcinelle	conique, légèrem[t] évasée à la base.	10	30	85	27

la Commission (*Voir les croquis* pl. VII.).

POSITION. Distance de la base de la cheminée au porte-mèche millim.	APPENDICE. FORME.	MATIÈRE.	Dimensions principales ou position. millimètres.	TISSUS MÉTALLIQUES. Toile horizontale de la cheminée. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	Toile de l'appendice. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	Toile du cylindre. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	*Observations*
»	»	»	»	»	»	»	»	210	1/4	Essayée par la sous-commission.
»	»	»	»	»	»	»	»	225	1/4	
»	»	»	»	»	»	»	»	110	1/3	Id.
»	»	»	»	»	»	»	»	116	1/4	
»	»	»	»	»	»	»	»	210	1/4	
»	»	»	»	»	»	»	»	210	1/4	
»	»	»	»	»	»	«	»	144	1/4	
»	»	»	»	»	»	»	»	144	1/3	
»	»	»	»	»	»	»	»	110	1/3	Id.
»	»	»	»	»	»	»	»	144	1/4	
22	»	»	»	144	1/3	»	»	144	1/3	Lampe non essayée, figurant ici pour comparaison.
22	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	Dans cette catégorie entrent encore les lampes Mueseler-Thonard exempl. *a* et *b*, dont on avait supprimé l'appendice constituant la modification.
22	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	
21	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	
27	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	
17	»	»	»	210	1/4	»	»	210	1/4	
15	»	»	»	210	1/4	»	»	210	1/4	
27	»	»	»	210	1/4	»	»	210	1/4	
16	»	»	»	210	1/4	»	»	169	1/4	

État descriptif des lampes essayées pa[r]

DÉSIGNATION ET DESCRIPTION DES LAMPES.	FORME.	CHEMINÉE — DIMENSIONS PRINCIPALE[S] — DIAMÈTRE. au sommet. millim.	à la base. millim.	Distance de la toile horizontal[e] au sommet de la cheminée. millim.	à la base de la chemin[ée]. milli[m.]
MUESELER, A CHEMINÉE DE FAIBLE DIAMÈTRE AU SOMMET.					
Exemplaire à cheminée *B* (Cheminées confectionnées sur les indications de la commission.)	conique et évasée à la base.	8	30	90	27
— — *B'*	—	8	30	92	22
— — *B''*	simplemt conique	8	34	93	22
— — *S*	—	7 1/2	20	91	2
MUESELER, A CHEMINÉE DE LARGE DIAMÈTRE AU SOMMET. TYPES FRANÇAIS.					
Exemplaire *a* (Construction Dubrulle, de Lille. . . .)	—	14	25	52	23
— *b*	—	14	25	47	28
— *c*	—	12 1/2	31	90	27
III MUESELER THONARD.					
Exempl *a* (Sur la toile horizontale de la cheminée Mueseler ordinaire vient s'adapter, à l'intérieur du cylindre en toile, un tronc de cône en cuivre, ouvert par le dessus et destiné à briser le courant d'air.)	conique et évasée à la base.	10 1/2	30	89	28
— *b*	—	10 1/2	30	91	26
— *c*	—	10	30	89	28
IV MUESELER JOASSIN No 1.					
Exempl. *a* (Sur la toile horizontale de la cheminée Mueseler, de faible diamètre à son sommet, vient s'adapter à l'intérieur du cylindre en toile un cône en tissu métallique. Ce cône serre la cheminée à la hauteur, au-dessus de la toile horizontale, indiquée ci-après, et constitue un second obstacle au passage de la flamme.)	—	9	30	87	26
— *b*	—	8 1/2	30	87	27
— *c*	—	8	30	82	22
V MUESELER-DEMANET.					
Sous la toile horizontale de la cheminée Mueseler ordinaire est adapté à l'intérieur du verre un cône renversé en tissu métallique serrant la partie inférieure du tube, à la distance indiquée ci-après de ladite toile horizontale.	—	9 1/2	30	88	29
VI MUESELER-JOASSIN No 2.					
La toile horizontale de la cheminée Mueseler (cheminée de faible diamètre à son sommet), est ici remplacée par les deux cônes en tissu métallique des lampes Mueseler-Joassin no 1 et Mueseler-Demanet.	. .	8	30	90	27

la Commission (*Voir les croquis* pl. VII et VIII.)

POSITION Distance de la base de la cheminée au porte-mèche millim.	APPENDICE. FORME.	MATIÈRE.	Dimensions principales ou position. millimètres.	TISSUS MÉTALLIQUES. Toile horizontale de la cheminée. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	Toile de l'appendice. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	Toile du cylindre. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	*Observations.*
22	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	Dans cette catégorie entre encore la lampe Mueseler-Joassin n° 1, exemplaire *b*, dont on avait supprimé l'appendice constituant la modification.
27	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	
27	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	
47	»	»	»	150	1/4	»	»	150	1/4	
30	»	»	»	200	1/3	»	»	225	1/4	
25	»	»	»	36	1/3	»	»	225	1/4	
26	»	»	»	144	1/4	»	»	225	1/4	
			diamètre supérieur. hauteur.							
21	tronc de cône.	cuivre.	*a* } 32 27	169	1/4	»	»	169	1/4	Les exemplaires *a* et *b*, dépourvus du tronc de cône en cuivre ont été soumis à un certain nombre d'expériences comme lampes Mueseler ordinaires, type de Liége.
23			*b* }	169	1/4	»	»	169	1/4	
21			*c* 28 45	169	1/4	»	»	169	1/4	
23	cône.	tissu métallique.	hauteur 26	150	1/4	150	1/4	150	1/4	L'exemplaire *b* dépourvu de son cône métallique, a été soumis à un certain nombre d'expériences comme lampe Mueseler à cheminée de faible diamètre au sommet.
22			— 27	150	1/4	150	1/4	150	1/4	
27			— 32	150	1/4	150	1/4	150	1/4	
20	cône.	—	— 18	144	1/4	150	1/4	144	1/4	
22	2 cônes.	—	hauteur cône sup^r 22 — inf^r 16	150	1/4	150	1/4	150	1/4	

État descriptif des lampes essayées par

DÉSIGNATION ET DESCRIPTION DES LAMPES.	FORME.	CHEMINÉE — DIMENSIONS PRINCIPALES — DIAMÈTRE			Distance de la toile horizontale		
		au sommet. millim.		à la base. millim.	au sommet de la cheminée. millim.		à la base de la cheminée. millim.
VII MUESELER GODIN G. La mèche est isolée à l'intérieur du verre par un tronc de cône en tissu métallique s'appuyant sur le réservoir de la lampe et pénétrant par la partie supérieure dans une cheminée Mueseler de petit diamètre au sommet.	conique et légèrement évasée à la base.	9		30	92		25
		au sommet.	à la partie rétrécie.	à la base.	au sommet.	à la partie rétrécie.	à la base.
VIII MUESELER-ARNOULD N° 1. Exempl. *a* — *b* — *c* { Cheminée formée de deux troncs de cône réunis à hauteur de la toile horizontale par les petites bases et munie près de son sommet d'une toile horizontale.	deux troncs de cône bout à bout par les petites bases.	42 42 42	20 20 10	40 40 30	100 100 100	» » »	25 25 25
IX MUESELER-ARNOULD N° 2. Cheminée de même forme générale que la précédente, constituée par une cheminée Mueseler pénétrant dans le tronc de cône supérieur.	deux troncs de cône bout à bout par les petites bases avec petite cheminée Mueseler intérieure.	42	9	31	100	42	26
X MUESELER GODIN C. La mèche est isolée à l'intérieur du verre par un deuxième en cristal, dont le bord est engagé dans une galerie en cuivre perforée de petits trous, tandis que sa partie supérieure pénètre dans une cheminée Mueseler de petit diamètre au sommet et un peu recoupée à la base.	simplement conique.	8 1/2		28	90		1[illegible]
XI MUESELER-GODIN D. Même lampe que la précédente, moins la galerie en cuivre, remplacée par de petits supports sur lesquels vient s'appuyer le verre intérieur, qui cesse par suite d'isoler complètement la mèche.	—	8 1/2		28	90		14
XII MUESELER-GODIN H. Exemplaire avec cylindre tout en toile. Exemplaire avec cylindre mi-toile mi-tôle. } Cheminée Mueseler munie d'une deuxième toile horizontale.	conique et évasée à la base.	9 1/4		32	90		24

la Commission (*Voir les croquis* pl. VIII.)

POSITION. Distance de la base de la cheminée au porte-mèche. millim.	APPENDICE. FORME.	MATIÈRE.	Dimensions principales ou position. millimètres.	TISSUS MÉTALLIQUES. Toile horizontale de la cheminée. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	Toile de l'appendice. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	Toile du cylindre. Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^m.	*Observations.*
24	tronc conique.	tissu métallique.	hauteur 53	144	1/4	144	1/4	144	1/4	
24	»	»	»	180	1/4	180	1/4	144	1/4	On entend ici par appendice la toile horizontale placée au sommet de la cheminée.
24	»	»	»	180	1/4	144	1/4	144	1/4	
24	»	»	»	180	1/4	180	1/4	144	1/4	
23	»	»	»	180	1/4	144	1/4	144	1/4	Même observation
35	tronc conique. galerie cylyndriq.	cristal. cuivre.	hauteur 54 diamètre 43 hauteur 12	144	1/4	»	»	144	1/4	
35	tronc conique.	cristal.	hauteur 54 diamètre inf^r 43 espace libre entre le bord inférieur et le réservoir 8	144	1/4	»	»	144	1/4	
25	disque horizontal.	tissu métallique.	distance de la seconde toile horizontale au dessus de la première 27	144	1/4	»	»	144	1/4	

État descriptif des lampes essayées par

DÉSIGNATION ET DESCRIPTION DES LAMPES.	FORME.	CHEMINÉE — DIMENSIONS PRINCIPALES — DIAMETRE — au sommet. millim.	à la partie rétrécie.	à la base. millim.	Distance de la toile horizontale — au sommet de la cheminée. millim.	à la partie rétrécie.	à la base de la cheminée. millim.
XIII MUESELER-HARMEGNIES N° 5. Cheminée Mueseler munie à l'intérieur du verre d'un tronc de cône renversé en tôle, reliant le bord inférieur de la cheminée au bord de la toile horizontale (à peu près comme le tronc de cône en tissu métallique de la lampe Mueseler-Demanet) Ce tronc de cône cloisonne sous la toile horizontale une certaine capacité, d'où descend latéralement jusqu'au niveau de la mèche un large tube adducteur pour l'alimentation de la flamme.	conique et évasée à la base.	10.3/4		32	90		22
					Distance de la tôle horizontale		
XIV MUESELER-HARMEGNIES N° 6. La partie inférieure de la cheminée précédemment décrite est supprimée et la toile horizontale remplacée par un disque en tôle, d'où part le tube adducteur. Au bord de ce disque s'applique un cône en tissu métallique analogue à celui de la lampe Mueseler-Joassin et serrant la cheminée vers son sommet.	—	10 3/4		32	90		»
		au sommet.	à la partie rétrécie.	à la base.	au sommet.	à la partie rétrécie.	à la base.
XV MORISSON N° 2. Les deux verres de l'ancienne lampe Rocour. Mèche isolée par le verre intérieur. Cheminée en tôle de l'ancienne lampe Eloin, surmontant le verre intérieur; elle est formée de deux troncs de cône réunis par leur petite base à la hauteur désignée ci-après au-dessus de la toile horizontale et munie près de son sommet d'une toile horizontale. Agencement des pièces par vis et écrous.	deux troncs de cône bout à bout par les petites bases						
Exempl. *a*		37	10	40	138	60	»
— *b*		36	9	40	144	32	»
XVI MORISSON ARNOULD. Lampe Morisson modifiée, réalisée dans le format de la lampe Mueseler ordinaire. Agencement des différentes pièces par juxtaposition; construction plus pratique que la précédente.	tronc de cône évasé vers le haut.						
Exempl. *a*		30		42	100		»
— *b*		30		42	100		»

la Commission (*Voir les croquis* pl. IX.)

POSITION : Distance de la base de la cheminée au porte-mèche.	APPENDICE.			TISSUS MÉTALLIQUES.						*Observations.*
	FORME.	MATIÈRE.	Dimensions principales ou position.	Toile horizontale de la cheminée.		Toile de l'appendice.		Toile du cylindre.		
millim.			millimètres.	Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill[m].	Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill[m].	Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill[m].	
23	tronc de cône renversé et tube aplati.	tôle. tôle.	hauteur 22 section moyenne : longueur 26 largeur 7	210	1/4	»	»	210	1/4	
45	cône supérieur. tube aplati.	tissu métallique. tôle.	hauteur 86 section moyenne : longueur 30 largeur 10	(tôle)		210	1/4	210	1/4	
46 43	Un verre intérieur cylindrique reposant sur une toile horizontale inférieure.	cristal. tissu métallique.	hauteur 54 diamètre 42	110 110	1/3 1/3	110 110	1/3 1/3	110 110	1/3 1/3	La toile horizontale du sommet est la même.
49 49	Un verre intérieur cylindrique s'engageant dans une galerie munie d'une toile métallique.	cristal. tôle et tissu métallique.	hauteur 45 diamètre 27 hauteur 19	180 180	1/4 1/4	180 180	1/4 1/4	144 144	1/4 1/4	*a.* La toile horizontale au sommet de la cheminée a le même tissu que l'appendice. -- *b.* La toile horizontale au sommet de la cheminée a le même tissu que le cylindre.

État descriptif des lampes essayées p[...]

DÉSIGNATION ET DESCRIPTION DES LAMPES.	CHEMINÉE. FORME.	DIMENSIONS PRINCIPAL[ES] — DIAMÈTRE au sommet. millim.	DIAMÈTRE à la base. millim.	Distance de [la] toile horizont[ale] au sommet de la cheminée. millim.	à la base [...] mill[im.]
XVII — *Cheminées munies des deux cônes en tissu métallique de la lampe Mueseler-Joassin nº 2 primitive; elles sont en deux pièces pour permettre le nettoyage des deux cônes.* — *Dans ces faisceaux les tubes sont tangents l'un à l'autre et laissent entre eux d'autres petits conduits. Ces faisceaux peuvent s'enlever facilement pour le nettoyage.*					
MUESELER-JOASSIN Nº 2, AVEC CHEMINÉE *A*; A CONDUITS MULTIPLES. A l'intérieur de la cheminée *A* et à 26 millim. de son extrémité, faisceau de trois petits tubes de 27 millim. de hauteur et de 5 millim de diamètre minimum.	conique et évasée à la base.	12	30	93	[illegible]
MUESELER-JOASSIN Nº 2, AVEC CHEMINÉE *B*, A CONDUITS MULTIPLES. A l'intérieur de la cheminée *B*, et à 18 millim de son extrémité, faisceau de trois petits tubes de 25 millim. de hauteur et de 4 millim. 1/4 de diamètre minimum.	—	10	30	88	[illegible]
MUESELER-JOASSIN Nº 2, AVEC CHEMINÉE *C*, A CONDUITS MULTIPLES. A l'intérieur de la cheminée *C*, et à 18 millim. de son extrémité, faisceau de huit petits tubes de 22 millim. de hauteur et de 3 millim. 1/3 de diamètre minimum.	—	12	30	92	[illegible]
MUESELER-JOASSIN Nº 2, AVEC CHEMINÉE *D*, A CONDUITS MULTIPLES. Pièce supérieure de la cheminée *D*, à section carrée, comprenant à demeure 4 longs tubes de 48 millim. de hauteur et de 4 millim. 3/4 de diamètre minimum. La cheminée eût pu être simplement cloisonnée en conduits suivant l'axe.	—	12 (côté)	30	92	[illegible]
MUESELER-DEMANET AVEC CHEMINÉE A CONDUITS MULTIPLES. Cheminée en une pièce, pourvue des deux toiles de la lampe primitive Mueseler-Demanet et terminée à son extrémité par un cylindre en cuivre de 20 millim. de hauteur, cylindre perforé de 6 trous légèrement coniques de 4 millim. de diamètre minimum.	presque cylindrique et évasée à la base.	19	33	87	[illegible]

Commission (*Voir les croquis* pl. IX.)

	APPENDICE.			TISSUS MÉTALLIQUES.						
				Toile horizontale de la cheminée.		Toile de l'appendice.		Toile du cylindre.		
… cheminée au porte-mèche …	FORME.	MATIÈRE.	Dimensions principales ou position. millimètres.	Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^{m}.	Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^{m}.	Nombre de mailles au centim. carré.	Diamètre du fil. mill^{m}.	*Observations.*
9	2 cônes.	tissu métallique.	hauteur cône sup^{r} 24 — inf^{r} 22	150	1/4	150	1/4	150	1/4	
9	—	—	cône sup^{r} 27 — inf^{r} 22	150	1/4	150	1/4	150	1/4	
9	—	—	cône sup^{r} 22 — inf^{r} 22	150	1/4	150	1/4	150	1/4	
9	—	—	cône sup^{r} 23 — inf^{r} 22	150	1/4	150	1/4	150	1/4	
9	—	—	cône inf^{r} 23	144	1/4	144	1/4	150	1/4	

TABLEAU I. — Lampes de Davy

Nombre et circonstances des expériences.

Désignation des lampes.	Vitesse du mélange. mètres.	Courant horizontal. Lampe verticale. Conditions ordinaires.	Huilée et saupoudrée de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (Sch) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Lampe balancée. Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz.	Expériences non classées (*).
Davy, construction Dubrulle . . .	3 »	2	»	»	»	»	»	»	»
Davy, à double toile et à verre intérieur.	3 »	1	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	3	»	»	»	»	»	»	»
Lampe de Porion, de Charleroi, à simple toile	1 30	4	»	»	»	»	»	»	»
		»	1	»	»	»	»	»	»
	2 25	1	»	»	»	»	»	»	»
	2 25 à 3	»	»	»	»	»	»	»	(7)
Lampe de Porion, du Couchant de Mons, à double toile	3 »	2	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	17	»	»	»	»	»	»	»
Lampe de Porion à toile de 144 mailles, fils de 1/4 milim. de diamètre, résultant de la Mueseler, type de Liége, dont la cheminée a été enlevée.	2 50	3	»	»	»	»	»	»	»
	3 »	1	»	»	»	»	»	»	»
Lampe de Porion à toile de 144 mailles, fil de 1/3 de millim. de diamètre.	2 25	»	»	»	»	»	»	»	2
Lampe chantante du docteur Irvin . .	1 30	1	»	»	»	»	»	»	»
	3 »	1	»	»	»	»	»	»	»

Expériences classées snivant les vitesses et

	Vitesse	Conditions ordinaires	Huilée et saupoudrée	Manœuvre spéciale	Lampe inclinée	Expérience de 5 à 6 minutes	Le gaz étant entré	Avant et pendant	Non classées
	1 30	5	»	»	»	»	»	»	»
		»	1	»	»	»	»	»	»
	2 25	3	»	»	»	»	»	»	»
	2 50	3	»	»	»	»	»	»	»
	2 25 à 3	»	»	»	»	»	»	»	(9)
	3 »	7	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	20	»	»	»	»	»	»	»

Expériences classées indépendamment

	Vitesse	
Résultats généraux obtenus avec les lampes Davy et les lampes dites de Porion	1 30	6
	2 25 à 3	13
	2 25 à 3	(9)
	6 »	20
Totaux. . .		39

Observations

Il ressort des expériences ci-dessus, qu'exposées 2 minutes à des mélanges explosifs d'air et de gaz d'éclairage animés d'une vitesse de 1m,30, les lampes Davy ou celles dites de Porion ne communiquent pas le feu à l'extérieur, mais que l'explosion se produit toujours en dehors lorsque la vitesse atteint ou dépasse 2m,25, sauf dans des cas d'asphyxie tout exceptionnels déterminés volontairement par l'admission d'une grande quantité de gaz. La commission n'a pas recherché à quelle vitesse entre 1m,30 et 2m,25 le phénomène de l'inflammation extérieure commence à se manifester. Mais il a été remarqué que l'explosion a déjà lieu après 5 à 10 secondes, lorsque la vitesse est de 3m et après 2 à 5" lorsque la vitesse est de 6m. Parfois même à cette dernière vitesse, l'explosion paraît instantanée.

...t Lampes dites de Porions.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Courant incliné. Descendant.	Cas de combustion du gaz dans la lampe. Nombre.	Cas d'explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale. Nombre par asphyxie volontaire.	Cas d'extinction totale. Nombre autrement.	Cas de combustion prolongée du gaz dans le cylindre. On met fin à l'expérience. Nombre.	*Observations.*
»	»	2	2	»	»	»	
»	»	1	1	»	»	»	
»	»	3	3	»	»	»	
»	»	4	»	2	»	2	Les expériences non classées avaient pour but d'apprécier l'influence de la finesse du tissu sur la facilité d'explosion ; elles se faisaient avec deux lampes à la fois et devaient être arrêtées à la première explosion de l'une ou de l'autre lampe. On sait par les expériences récentes de St-Étienne, que ces lampes sont de sûreté jusqu'à la vitesse de 1m,70 exclusivement.
»	»	1	»	»	»	1	
»	»	1	1	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	»	
»	»	2	1	»	1	»	
»	»	17	15	2	»	»	
»	»	3	3	»	»	»	
»	»	1	1	»	»	»	
»	»	2	2	»	»	»	
»	»	1	»	»	»	»	
»	»	1	1	»	»	»	
...indépendamment des divers genres ou exemplaires de lampes.							
»	»	5	»	2	»	4	
»	»	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	
»	»	3	3	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	»	
»	»	7	6	»	1	»	L'explosion se produit ordinairement après 5 à 10 secondes.
»	»	20	18	2	»	»	L'explosion se produit ordinairement après 2 à 5 secondes.
...des circonstances d'exposition des lampes.							
		6	»	2	»	5	
		13	12	»	1	»	
		?	?	»	»	»	
		20	18	2	»	»	
		39	30	4	1	5	

...générales.

Les lampes Davy du Couchant de Mons à fine toile et celles dites de Porion de la même localité avaient donné lieu lors des expé-...iences de la sous-commission à 10 cas d'explosion sur 10 expériences à 4m de vitesse.

La lampe Irvin n'a produit de son harmonique d'alarme que bien après que l'aspect de la flamme indiquait la présence d'une pro-...ortion notable du gaz et même alors que celui-ci brûlait en remplissant de flamme le cylindre en tissu métallique d'une lampe de ...orion. A la deuxième expérience, elle a fait explosion avant que le bruit avertisseur se fit entendre.

TABLEAU II. —

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL. Lampe verticale. Conditions ordinaires.	Lampe verticale. Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon	Lampe verticale. Manœuvre spéciale (SCH) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Lampe balancée. Le gaz étant entré dans le mélange.	Lampe balancée. Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées.
I. Mueseler, type de Liége *a*. . . .	2 »	2	»	»	»	»	»	»	»
	2 60	»	»	»	»	»	»	»	»
	3 »	9	»	»	»	»	»	»	»
	4 50	»	»	22	»	»	»	»	»
	?	»	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	13	»	»	»	»	»	»	»
		»	1	»	»	»	»	»	»
		»	»	2	»	»	»	»	»
		»	»	»	3	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	(23)
Mueseler, type de Liége *b*. . . .	6 »	8	»	»	»	»	»	»	»
		»	3	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	2	»	»	»	»
Mueseler, type de Liége résultant de la suppression du cône à la lampe *a* fournie par M. Thonard	6 »	2	»	»	»	»	»	»	»
Mueseler, type de Liége résultant de la suppression du cône à la lampe *b* fournie par M. Thonard	6 »	6	»	»	»	»	»	»	»
Mueseler, type de Liége provenant des travaux du charbonnage de Marihaye (lampe non nettoyée) . . .	6 »	»	3	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	1	»	»
		»	»	»	»	»	»	1	»
Mueseler, type de Liége avec cheminée *A*, raccourcie de 5 millim. à la base	6 »	»	»	»	»	»	»	»	(21)

Lampes Mueseler.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Courant incliné. Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	*Observations.*
»	»	2	»	»	»	2	»	Dans les expériences non classées sont comprises celles qui ont pour objet l'observation spéciale d'un phénomène comme dans certaines expériences comparatives faites sur les lampes Mueseler à cheminées plus ou moins modifiées.
1	»	1	1	»	»	1	»	
»	»	9	9	»	»	9	»	
»	»	21	21	»	5	»	17	
4	»	2	2	»	2	»	2	(Vitesse indécise entre 3 et 5 mètres).
»	»	13	13	»	2	5	6	
»	1	1	1	»	»	»	1	Sans explosion quoique maculée.
»	»	2	2	1	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
4	»	3	3	»	2	1	1	
»	8	8	8	1	»	3	4	
»	»	(19)	(?)	»	»	»	»	
»	»	8	8	»	1	»	7	
»	»	3	3	»	»	1	2	Sans explosion quoique maculée.
»	»	2	2	»	»	»	2	
»	»	2	2	»	»	»	2	
»	»	6	6	»	1	1	4	
»	»	3	3	»	»	»	3	Sans explosion quoique maculée.
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	1	1	»	1	»	»	
»	»	(17)	(?)	(1)	(1)	»	»	

TABLEAU II (*Suite*). –

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL. LAMPE VERTICALE. Conditions ordinaires.	LAMPE VERTICALE. Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	LAMPE VERTICALE. Manœuvre spéciale (SCH) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	LAMPE BALANCÉE. Le gaz étant entré dans le mélange.	LAMPE BALANCÉE. Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées
		Expériences classées suivant les vitesses et							
	2 à 3	11	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
	4 50 4 »	»	»	22	»	»	»	»	»
Résultats généraux obtenus avec les Mueseler, type de Liége, les dimensions de ces lampes étant exactement ou à peu près celles du type réglementaire. Toiles de 144 à 169 mailles au centimètre carré, diamètre du fil 1/4 de millim.	6 »	29	»	»	»	»	»	»	»
		»	7	»	»	»	»	»	»
		»	»	2	»	»	»	»	»
		»	»	»	5	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	1	»	»
		»	»	»	»	»	»	1	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		Expériences classées indépendamment							
	2 à 3					12			
	4 et 4 50					26			
	6 »					57 (44)			
					TOTAUX. . .	139			
II. MUESELER, type du Couchant de Mons, exemplaire *a*	2 »	3	»	»	»	»	»	»	»
	3 »	12	»	»	»	»	»	»	»
	4 10	3	»	»	»	»	»	»	»
	4 90	2	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	26	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	1	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	1	»	»	»
		»	»	»	»	»	3	»	»
		»	»	»	»	»	»	3	»
MUESELER, type du Couchant de Mons, exemplaire *b*	3 50	»	9	»	»	»	»	»	»
	6 »	5	»	»	»	»	»	»	»
MUESELER, type du Couchant de Mons, Ancien type de la sous-commission.	6 »	5	»	»	»	»	»	»	»
MUESELER, de Charleroi, provenant du charbonnage de Marcinelle . . .	6 »	1	»	»	»	»	»	»	»

Lampes Mueseler.

RÉSULTATS.

COURANT INCLINÉ.		Cas d'extinction de la mèche.	Cas de combustion du gaz sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure.	Explosions.	Cas d'extinction totale simple.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne.	Observations.
Ascendant.	Descendant.	Nombre	Nombre.	Nombre.	Nombre.	Nombre.	Nombre.	
indépendamment des divers exemplaires de lampes.								
»	»	11	9	»	»	11	»	Pas d'explosion.
1	»	2	1	»	»	1	»	
4	»	23	23	»	7	»	19	
»	»	29	29	»	4	6	19	
»	»	7	7	»	»	1	6	Maculée sans explosion.
»	«	2	2	1	»	»	1	
»	»	5	5	»	»	»	5	
»	»	1	1	»	1	»	1	
»	»	1	1	»	1	»	»	
4	»	3	3	»	2	1	1	
»	8	8	8	1	»	3	4	
des circonstances d'exposition des lampes.								
		12	10	»	»	12	»	
		23	23	»	7	»	19	
		56	56	2	7	11	37	
		(36)	(?)	(1)	(1)	»	»	
		127	»	3	15	»	»	
»	»	3	3	»	»	3	»	
»	»	12	12	»	»	12	»	
»	»	3	3	»	»	3	»	
»	»	2	2	»	»	»	2	
»	»	26	26	»	»	8	18	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	3	1	»	1	1	1	
»	»	9	4	3	2	2	2	Maculée — explosion avec 3ᵐ,50.
»	»	5	5	»	»	»	5	
»	»	5	5	»	1	2	2	
»	»	1	1	»	»	»	1	

TABLEAU II (*Suite*). –

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL.							
		LAMPE VERTICALE.			Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	LAMPE BALANCÉE		Expériences non classées.
		Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (SCH) de la vanne.			Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	
		Expériences classées suivant les vitesses et							
Résultats généraux obtenus avec les Mueseler, type du Hainaut.	2 à 4 10	18	»	»	»	»	»	»	»
	3 50	»	9	»	»	»	»	»	»
	4 90	2	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	37	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	1	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	1	»	»	»
		»	»	»	»	»	3	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	3
		Expériences classées indépendamment							
	2 à 4 10					27			
	4 90					2			
	6 »					45			
					TOTAUX. . .	74			
MUESELER, type du couchant de Mons, exemplaire *b*, avec cuirasse de M. Arnould	»	12	»	»	»	»	»	»	»
III. MUESELER A CHEMINÉES DE FAIBLE DIAMÈTRE AU SOMMET.	3 »	6	»	»	»	»	»	»	»
Lampe à cheminée B, 8 millim. de diamètre au sommet et 27 millim. entre la base et la toile horizontale.	4 50	»	»	6	»	»	»	»	»
	6 »	»	»	»	»	»	»	»	»
Lampe à cheminée B′. 8 mill. de diamètre au sommet et 22 mill. de distance entre la base et la toile horizontale.	3 »	6	»	»	»	»	»	»	»
	4 50	»	»	12	»	»	»	»	»
Lampe à cheminée B′′ semblable à *B′*, sans évasement à la base	4 50	»	»	14	»	»	»	»	»

Lampes Mueseler.

RÉSULTATS.

COURANT INCLINÉ. Ascendant.	Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	Observations.
indépendamment des divers exemplaires de lampes.								
»	»	18	18	»	»	18	»	
»	»	9	4	3	2	2	2	
»	»	2	2	»	»	»	2	
»	»	37	37	»	1	10	26	
»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	3	1	»	»	1	1	
des circonstances d'exposition des lampes.								
		27	22	3	2	20	2	
		2	2	»	»	»	2	
		45	43	»	2	11	32	
		74	67	3	4	31	36	
»	»	12	10	1	»	10	1	Fort échauffement de la lampe. L'extinction de la mèche est excessivement lente, mais le gaz ne tarde pas à brûler sous la toile. Cette combustion cesse presque toujours peu d'instants après l'extinction de la mèche. — La lampe a paru fournir un cas de combustion du gaz dans le cylindre.
»	»	6	1	»	»	6	»	
»	»	6	6	»	»	»	6	
»	1	1	1	»	»	»	1	
»	»	6	1	»	»	6	»	
»	»	12	12	»	1	»	11	
»	»	13	13	»	1	»	13	

TABLEAU II (*Suite*). —

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL. LAMPE VERTICALE. Conditions ordinaires.	LAMPE VERTICALE. Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	LAMPE VERTICALE. Manœuvre spéciale (SCH) de la vanne	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	LAMPE BALANCÉE. Le gaz étant entré dans le mélange.	LAMPE BALANCÉE. Avant et pendant l'arrivée du gaz Balancement préalable.	Expériences non classées.
Lampe à cheminée rétrécie, 9 millim. au sommet, provenant de la lampe Joassin, dépourvue de son cône. . .	6 »	»	»	3	»	»	»	»	»
Lampe à cheminée S, 7 mill. ½ de diamètre au sommet et recoupée à 2 millim. en dessous de la toile horizontale.	6 »	»	»	6	»	»	»	»	»
		Expériences classées suivant les vitesses et							
Résultats généraux obtenus sur les *Mueseler, type de Liége, à cheminée de faible diamètre au sommet*. .	3 » 4 50 6 »	12 » » »	» » » »	» 32 9 »	» » » »	» » » »	» » » »	» » » »	» » » »
		Expériences classées indépendamment							
	3 » 4 50 6 »					12 32 10			
					TOTAUX. . . .	54			
MUESELER A CHEMINÉES DE LARGE DIAMÈTRE AU SOMMET.									
Mueseler Dubrulle *a*	3 »	9	»	»	»	»	»	»	»
— — *b*	6 »	3	»	»	»	»	»	»	»
— — *c*		»	»	4	»	»	»	»	»
		Expériences classées indépendamment des divers exemplaires							
Résultats généraux obtenus avec les *Mueseler à cheminées de large diamètre au sommet*	3 » 6 »					9 7			
					TOTAUX. . . .	16			

Lampes Mueseler.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Courant incliné. Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	*Observations.*
»	»	3	3	»	1	»	2	
»	»	6	6	»	»	»	6	Cette lampe éclaire mal.
indépendamment des divers exemplaires de lampes.								
»	»	12	2	»	»	12	»	
»	»	31	31	»	2	»	30	
»	»	9	9	»	1	»	8	
»	1	1	1	»	»	»	1	
des circonstances d'exposition des lampes.								
		12	2	»	»	12	»	
		31	31	»	2	»	30	
		10	10	»	1	»	9	
		51	43	»	3	12	39	
»	»	9	?	»	1	8	»	
»	»	»	»	»	3	»	»	
»	»	4	4	»	1	»	3	
de lampes et des circonstances de leur exposition								
		9	?	»	1	8	3	
		4	4	»	4	»	»	
		13	»	»	5	8	3	

Observations générales.

Les lampes Mueseler adressées à la commission ont été soumises à 294 expériences faites dans des circonstances très-diverses. Elles ont donné lieu à 27 cas d'explosion et à 6 ou 7 cas de simple passage de la flamme dans le cylindre.

Si on fait abstraction : 1° des 12 expériences relatives aux lampes Dubrulle *a* et *b* dont les dimensions s'éloignent par trop de celles adoptées par l'inventeur; 2° des 44 expériences non classées et 3° des 12 essais sur l'influence de la cuirasse Arnould, on arrive au résultat global suivant :

226 expériences ont donné lieu à 22 cas d'explosion et à 5 cas de simple passage de la flamme dans le cylindre.

L'examen des tableaux montre que de 226 expériences, il y en a eu 111 à des vitesses inférieures à 6^m, ayant donné à 3^m50 de vitesse 2 cas d'explosion et 3 cas de simple passage de la flamme (la toile horizontale étant sale) et à 4^m50 ou vers cette vitesse, 9 cas d'explosion — dont 2 dans des courants inclinés — par la manœuvre spéciale (*Sch.*) de la vanne;

Les 115 autres expériences ont eu lieu à des vitesses atteignant 6^m, et ont donné 13 cas d'explosion et 2 cas de simple passage de la flamme.

La sous-commission avait fait 79 expériences à des vitesses de 4 à 9^m, expériences qui ont été marquées par 6 cas d'explosion et 2 cas de simple passage de la flamme. Des expériences, il résulte que l'extinction complète (mèche et gaz) n'a lieu d'elle-même que dans les mélanges explosifs animés d'une vitesse ne dépassant pas 3^m; dès que la vitesse est supérieure à 3^m, la combustion du gaz se manifeste sous la toile et s'y prolonge presque toujours après l'extinction de la mèche. Ainsi à 6^m, il n'y a eu, sur les 115 expériences indiquées ci-dessus, que 21 cas d'extinction complète, la plupart, déterminées soit par une arrivée involontaire de trop de gaz, soit par de petites explosions intérieures. Il ressort également des expériences qu'en ce qui concerne l'état des lampes, la malpropreté des toiles horizontales a paru augmenter la facilité d'explosibilité, mais cette influence ne s'étant dénotée que sur la seule lampe du *Couchant de Mons*, exemplaire *b*, et les explosions ayant eu lieu instantanément, il faut peut-être y voir le résultat d'un effet mécanique sur le tirage que produit ici une cheminée excessivement abaissée sur le porte-mèche. L'inclinaison des lampes, leur balancement dans l'appareil avant l'arrivée du gaz, la prolongation durant 5 minutes de la combustion sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche, n'ont déterminé aucun cas d'explosion ou de simple passage de la flamme; il est vrai que les expériences dans ces circonstances ont été peu nombreuses. La manœuvre spéciale (Sch.) de la vanne a été reconnue comme déterminant assez facilement les explosions. En effet sur 65 expériences à 4^m50 et à 6^m de vitesse, on a eu

8 cas d'explosion et un cas de simple passage de la flamme. L'expérimentateur était même parvenu aux dernières séances à faire produire une explosion sur 5 expériences.

Enfin, malgré le peu d'expériences réservées à l'action des courants inclinés et au balancement de la lampe avant l'arrivée du gaz, il a été reconnu que ces circonstances étaient dangereuses. Lors des dernières expériences faites dans les courants inclinés, on a toutefois observé que ceux-ci ne déterminent l'explosion avec une extrême fréquence que lorsqu'ils sont infléchis ascensionnellement comme dans l'appareil d'essai, de manière à produire une sensible vacillation de la flamme de la mèche. On peut ajouter ici que toute circonstance de nature à contrarier le tirage de la cheminée Mueseler, en d'autres termes, toute circonstance, qui se manifeste par une forte agitation et notamment par l'écrasement de la flamme, doit être considérée comme dangereuse. (Voir les observations relatives aux lampes munies de cheminées à conduits multiples.)

En ce qui concerne la construction des lampes il résulte des expériences comparatives que la sécurité relative des lampes gît surtout dans l'étroitesse de la cheminée à son sommet et dans le degré de résistance de la toile horizontale à la pénétration de la flamme. Il *semblerait* de plus que la surélévation de la base de la cheminée au-dessus du porte-mèche, ainsi que le défaut d'évasement en forme de pavillon, diminuent tant soit peu le degré de sécurité de la lampe. Mais d'après ce qui a été dit plus haut, un abaissement excessif de la cheminée sur le porte-mèche peut aussi être nuisible.

Quant à l'effet de la cuirasse Arnould sur la lampe Mueseler, il consiste essentiellement dans le retard du moment de l'extinction de la mèche. Cette extinction réclame une proportion de gaz très-forte et est presque toujours immédiatement suivie de l'extinction du gaz sous la toile horizontale, gaz qui ne tarde pas à s'y enflammer mais qui, malgré sa proportion, continuerait à brûler dans les lampes dépourvues de cuirasse. (Voir de plus les observations spéciales inscrites à la dernière colonne du tableau.)

Si l'on rapproche ces résultats de ceux fournis par les lampes Davy et de porion, on peut conclure que la lampe Mueseler est d'une supériorité notoire, et que cette supériorité se dénote surtout dans des courants rapides, bien qu'alors la sécurité de ce dernier appareil ne soit pas absolue.

TABLEAU III. — Lampe

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE.	COURANT HORIZONTAL.							
		LAMPE VERTICALE.					LAMPE BALANCÉE.		
	mètres.	Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (Sch) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz Balancement préalable.	Expériences non classées.
MUESELER-THONARD *a*.	2 »	1	»	»	»	»	»	»	»
	3 »	7	»	»	»	»	»	»	»
	3 50	»	4	»	»	»	»	»	»
	4 »	2	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	36	»	»	»	»	»	»	»
		»	3	»	»	»	»	»	»
		»	»	13	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	1	»	»	»
		»	»	»	»	»	3	»	»
		»	»	»	»	»	»	3	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
MUESELER-THONARD *c*.	6 »	3	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	2	»	»	»	»	»

Expériences classées suivant les vitesses et indé

Résultats généraux obtenus avec les Mueseler-Thonard	2 à 4	10	»	»	»	»	»	»	»
		»	4	»	»	»	»	»	»
	6 »	39	»	»	»	»	»	»	»
		»	3	»	»	»	»	»	»
		»	»	15	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	1	»	»	»
		»	»	»	»	»	3	»	»
		»	»	»	»	»	»	3	»

Expériences classées indépendamment

2 à 4	14
6 »	64
TOTAUX. . .	78

Observatio

Les lampes Mueseler-Thonard ont donc été soumises à 78 expériences qui se subdivis comme suit :

14 expériences à des vitesses de 2 à 4 mètres n'ayant donné lieu à aucun cas, ni d'explosi ni de simple passage de la flamme dans le cylindre.

64 expériences à une vitesse de 6 mètres ayant donné lieu à 3 cas d'explosion et à 3 cas simple inflammation du gaz dans le cylindre.

La sous-commission avait fait 19 expériences à des vitesses de 3 à 9 mètres n'ayant donné li qu'à un cas de simple passage de la flamme dans le cylindre. Au point de vue de la m

Mueseler-Thonard.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	Observations.
»	»	1	»	»	»	1	»	
»	»	7	7	»	»	7	»	
»	»	4	3	»	»	2	2	
»	»	2	»	»	»	2	»	
»	»	36	36	1	1	5	29	
»	»	3	»	»	»	3	»	
»	»	13	13	2	1	»	10	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	2	2	»	1	»	2	
»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	2	2	»	»	»	2	
lamment des divers exemplaires de lampes.								
»	»	10	7	»	»	10	»	
»	»	4	3	»	»	2	2	
»	»	39	39	1	1	5	32	
»	»	3	»	»	»	3	»	
»	»	15	15	2	1	»	12	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	2	2	»	1	»	2	
diverses circonstances d'exposition des lampes.								
		14	10	»	»	12	2	
		64	60	3	3	8	50	
		78	70	3	3	20	52	

générales.

fréquence de ces phénomènes, ces lampes se sont mieux comportées que les lampes Mueseler proprement dites. La manœuvre spéciale (Sch) de la vanne et le balancement préalable des lampes avant l'arrivée du gaz dans le mélange ont encore été ici des circonstances qui facilitent la production de ces phénomènes.

Quant aux extinctions complètes, la lampe Mueseler fournit de bien plus nombreux cas que la lampe Thonard, dans laquelle, au surplus, la combustion du gaz sous les toiles est plus vive. En effet, sur 64 expériences à une vitesse de 6 mètres, cette dernière lampe n'a donné lieu qu'à 8 cas d'extinction totale.

TABLEAU IV. — Lampes

Nombre et circonstances des expériences.

Désignation des lampes.	Vitesse du mélange. mètres.	Courant horizontal. Lampe verticale. Conditions ordinaires.	Lampe verticale. Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Lampe verticale. Manœuvre spéciale (Scr) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Lampe balancée. Le gaz étant entré dans le mélange.	Lampe balancée. Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées.
Mueseler-Joassin, n° 1 (a)	3 50	»	5	»	»	»	»	»	»
	6 »	13	»	»	»	»	»	»	»
		»	8	»	»	»	»	»	»
Mueseler-Joassin, n° 1 (b)	2 50 à 3 20	»	»	»	»	»	»	»	»
	4 50	3	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	7	»	»	»	»	»
	6 »	9	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	8	»	»	»	»	»
		»	»	»	1	»	»	»	»
		»	»	»	»	1	»	»	»
		»	»	»	»	»	3	»	»
		»	»	»	»	»	»	6	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
Mueseler-Joassin, n° 1 (c)	6 »	»	»	3	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	1	»
Expériences classées suivant les vitesses									
Résultats généraux obtenus avec les lampes Mueseler-Joassin n° 1 (a, b, c).	2 50 à 3 50	»	5	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
	4 50	3	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	7	»	»	»	»	»
	6 »	22	»	»	»	»	»	»	»
		»	8	»	»	»	»	»	»
		»	»	11	»	»	»	»	»
		»	»	»	1	»	»	»	»
		»	»	»	»	1	»	»	»
		»	»	»	»	»	3	»	»
		»	»	»	»	»	»	7	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
Expériences classées indépendamment des									
	2 50 à 3 50						10		
	4 50						10		
	6 »						62		
						Totaux. . . .	82		

Observations

Les lampes Joassin n° I (*a*, *b*, *c*) ont été soumises à 82 expériences. L'exemplaire *b*, qui a été exposé à toutes les épreuves les plus propres à provoquer des explosions n'a fourni que 2 cas de simple passage de la flamme dans le cylindre et un seul cas d'explosion ; ces divers cas ont eu lieu dans l'unique circonstance d'un courant montant. Elle a résisté dans toutes les circonstances de manœuvres spéciales de la vanne, de durée et de balancement. Toutefois, l'exemplaire *c*, à cheminée raccourcie à la base, a fait explosion dans cette dernière circonstance (balancement préalable).

...ueseler-Joassin n° 1 (*a, b, c*).

RÉSULTATS.

...COURANT INCLINÉ. Ascendant.	Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion intérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	Observations.
»	»	5	3	»	»	4	1	
»	»	13	11	»	»	1	12	
»	»	8	3	»	»	5	3	
5	»	5	1	»	»	5	»	
»	»	3	3	»	»	2	1	
»	»	7	7	»	»	»	7	
»	»	9	8	»	»	2	7	
»	»	8	7	»	»	1	7	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	6	3	»	»	5	1	
5	»	4	2	2	1	»	2	
»	4	4	4	»	»	»	4	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	»	»	»	1	»	»	
...dépendamment des divers exemplaires de lampes.								
»	»	5	3	»	»	4	1	
5	»	5	1	»	»	5	»	
»	»	3	3	»	»	2	1	
»	»	7	7	»	»	»	7	
»	»	22	19	»	»	3	19	
»	»	8	3	»	»	5	3	
»	»	13	10	»	»	1	10	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	6	3	»	1	5	1	
5	»	4	2	2	1	»	2	
»	4	4	4	»	»	»	4	
...verses circonstances d'exposition des lampes.								
		10	4	»	»	9	1	
		10	10	»	»	2	8	
		60	43	2	2	14	44	
		80	57	2	2	25	53	

...nérales.

...uant au nombre d'extinctions totales, il a été de 14 sur 62 expériences à 6 mètres.
...n résumé, les lampes Mueseler-Joassin n° 1 sont celles qui se sont le mieux comportées, surtout si l'on considère le nombre et la ...ersité des expériences.

TABLEAU V. — Lampe

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL.							
		LAMPE VERTICALE.					LAMPE BALANCÉE.		
		Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (Sch) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Le gaz étant entre dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz Balancement préalable.	Expériences non classées.
Museler-Demanet.	6 »	24	»	»	»	»	»	»	»
		»	6	»	»	»	»	»	»
		»	»	10	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	3	»

Expériences classées indépendamment des divers

TOTAUX.	6 »		43

Observation

La lampe Mueseler-Demanet a été soumise par la Commission à 43 expériences faites dans des circonstances assez diverses à 6 mètres de vitesse du courant explosif. Ces expériences n'ont donné lieu qu'à un cas d'explosion. Cette lampe offre parmi toutes celles qui ont été essayées la particularité de la fréquence de l'extinction totale (25 sur 43 expériences.)

TABLEAU VI. — Lampe

Mueseler-Joassin, n° 2.	6 »	9	»	»	»	»	»	»	»

Observation

La cheminée n° 2 de Joassin n'est autre que la cheminée n° 1 du même, dont la toile horizontale est remplacée par la toile conique de la cheminée Demanet. L'agencement spécial de

Mueseler-Demanet, n° 1.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Courant incliné. Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz sous la toile inférieure après l'extinction de la mèche Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	Observations.
»	»	23	16	»	1	16	7	Il n'est pas toujours loisible d'opérer la manœuvre spéciale (Sch) de la vanne, à cause de la fréquence des extinctions complètes.
»	»	6	5	»	»	6	»	
»	»	10	10	»	»	»	10	
»	»	3	3	»	»	3	»	

circonstancess d'exposition des lampes.

42	34	»	1	25	17

générales.

La lampe Demanet avait été l'objet de 15 expériences de la part de la Sous-Commission à des vitesses de 3 à 9 mètres, expériences qui ont donné lieu à un cas d'explosion à 9 mètres et également à beaucoup d'extinctions totales.

Mueseler-Joassin, n° 2.

»	»	9	8	»	»	4	9

générales.

toiles permet ici leur séparation et par suite leur facile et parfait nettoyage. Quant à sa manière de se comporter, cette cheminée a donné lieu également à beaucoup d'extinctions totales.

TABLEAU VII. — Lampes

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL.							
		LAMPE VERTICALE.					LAMPE BALANCÉE.		
		Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (SCH) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées.
MUESELER-GODIN *G*.	3 »	3	»	»	»	»	»	»	»
	3 20	»	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	29	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	2	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	1	»	»	»
		»	»	»	»	»	3	»	»
		»	»	»	»	»	»	3	»
		»	»	»	»	»	»	»	»
		»	»	»	»	»	»	»	»

Expériences classées indépendamment des

3 à 3 20		4
6 »		42
3 à 6	TOTAUX. . . .	46

Observations

Cette lampe est, après la lampe Joassin nº 1, celle qui a été soumise aux expériences les plus diverses. Sur 42 expériences à la vitesse de 6 mètres, elle n'a produit d'inflammations extérieures que dans des courants inclinés montants ou descendants. Elle a résisté aux circonstances de durée, de balancement et de manœuvre spéciale (Sch.) de la vanne.

Un certain nombre d'expériences classées dans les circonstances ordinaires ont été faites, en faisant varier la vanne en vue de rechercher la manœuvre particulière la plus propre à produire

Mueseler-Godin, *G*.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Courant incliné. Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz dans le cône en tissu métallique après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	*Observations.*
»	»	3	3	»	»	3	»	
1	»	1	»	»	»	1	»	
»	»	24	21	»	»	4	25	
»	»	2	2	»	»	»	2	
»	»	1	1	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	3	
»	»	3	3	»	»	1	2	
2	»	1	»	»	1	1	»	
»	2	1	1	»	2	»	»	

iverses circonstances d'exposition des lampes.

4	3	»	»	4	«
35	31	»	3	6	33
39	34	»	3	10	33

énérales

xplosion. Après l'extinction de la mèche, qui exige une grande proportion de gaz, le gaz brûle ans le cône en tissu métallique et lorsque la vitesse du courant explosif atteint 6 mètres, les tinctions complètes sont fort peu nombreuses (6 sur 42 expériences).

La casse du verre y est rare; dépourvue de verre, la lampe reste de sûreté dans les mélanges flammables animés de faibles vitesses.

TABLEAU VIII. — Lampes

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL. LAMPE VERTICALE. Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon	Manœuvre spéciale (Scn) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	LAMPE BALANCÉE. Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées
MUESELER-ARNOULD (N° 1 (*a*).	6 »	6	»	»	»	»	»	»	»
MUESELER-ARNOULD (N° 1 (*b*).	6 »	21 » » »	» » » »	» 3 » »	» » » »	» » 1 »	» » » »	» » » 3	» » » »
MUESELER-ARNOULD (N° 1 (*c*)	6 »	»	»	2	»	»	»	»	»
Résultats généraux obtenus avec les lampes Mueseler-Arnould n° 1 (*a*, *b*, *c*.)	6 »	27 » » »	» » » »	» 5 » »	» » » »	» » 1 »	» » » »	» » » 3	» » » »

Expériences classées indépendamment de

6 »	TOTAUX.	36

Observation

Cette lampe s'éteint souvent dans les courants à la fois plongeants et vifs. L'exemplaire *a* éclaire mal par suite, entr'autres causes, de la finesse du tissu supérieur et il en est de même de l'exemplaire *b*, lorsque l'épaisseur du manchon en verre est accidentellement trop forte, circonstance qui vient restreindre, outre mesure, le passage de l'air entre le dit manchon et le large pavillon formant la base de la cheminée.

De plus la combustion du gaz étant rejetée par ce pavillon contre le verre, la casse de celui-ci est relativement très-fréquente.

TABLEAU IX. — Lampes

MUESELER-ARNOULD (N° 2)	6 »	3 »	» »	» 7	» »	» »	» »	» »	» »

Expériences classées indépendamment de

TOTAUX.	10

Observations

Cette lampe brûle convenablement et s'éteint beaucoup moins facilement que la précédente

Mueseler-Arnould, n° 1.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Courant incliné. Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz dans la cheminée. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre, sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	*Observations.*
»	»	6	4	»	»	»	1	5	
»	»	21	17	1	»	1	6	13	
»	»	3	2	1	»	»	»	2	
»	»	1	1	»	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	1	2	
»	»	2	2	»	»	»	»	2	
»	»	27	21	1	»	1	7	18	
»	»	5	4	1	»	»	»	4	
»	»	1	1	»	»	»	»	1	
»	»	3	3	»	»	»	1	2	

iiverses circonstances d'exposition des lampes.

		36	29	2	»	1	8	25

générales.

L'exemplaire *c* ne présente pas ces défauts.

La lampe Mueseler-Arnould a été soumise à des expériences diverses dans des mélanges explosifs animés de vitesse de 6 mètres. Ici encore certaines expériences classées dans les circonstances ordinaires ont été faites en cherchant une manœuvre de vanne propre à provoquer l'explosion.

Sur 36 expériences, elle n'a donné lieu qu'à 1 cas d'explosion et à 2 cas de combustion à l'intérieur de la cheminée.

Mueseler-Arnould, n° 2.

»	»	3	1	»	»	2	»	1
»	»	7	7	»	»	»	»	7

diverses circonstances d'exposition des lampes.

		10	8	»	»	2	»	8

générales.

dans les courants plongeants. Sur 10 expériences, elle a donné lieu à 2 cas d'explosion.

TABLEAU X. — Lampes [illegible]

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL. LAMPE VERTICALE. Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (SCH) de la vanne	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	LAMPE BALANCÉE. Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz Balancement préalable.	Expériences non [illegible]
MUESELER GODIN C.	3 »	4	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	5	»	»	»	»	»	»	»

Observations

Cette lampe est une des variétés des lampes à flamme isolée (*A B C*), présentées par M. G. Godin lampes qui avaient donné relativement de bons résultats lors des expériences de la sous-commission. Ainsi, en ne considérant que les exemplaires à cheminée mi-cristal mi-tôle, les 38 expériences auxquelles ces lampes avaient été soumises n'ont fourni qu'un seul cas d'explosion. L'isolement n'étant pas parfait, le gaz est venu plusieurs fois brûler entre les deux verres sous la toile horizontale, et le mode d'isolement par disque horizontal en tissu métallique ou en

TABLEAU XI. — [illegible]

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (SCH) de la vanne	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz Balancement préalable.	Expériences non [illegible]
MUESELER-GODIN (*D*)	3 »	12	»	»	»	»	»	»	»
	3 50	»	3	»	»	»	»	»	»
	6 »	17	»	»	»	»	»	»	»

Observations

Cette lampe est d'une construction plus pratique que la précédente. Toutefois, sur 32 expériences, dont 17 à la vitesse de 6 mètres, elle a donné lieu à 3 cas d'explosion dans les circonstances indiquées ci-dessus.

ueseler-Godin (C).

RÉSULTATS.

OURANT INCLINÉ.		Cas d'extinction de la mèche.	Cas de combustion du gaz après l'extinction de la mèche.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure.	Explosions.	Cas d'extinction totale simple.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne.	Observations.
Ascendant.	Descendant.	Nombre.	Nombre.	Nombre.	Nombre.	Nombre.	Nombre.	
»	»	4	»	»	»	4	»	
»	»	5	4	»	1	1	3	

énérales.

ivre perforé, très-susceptible d'encrassement, fait présumer dans la pratique un mauvais airage.
L'isolement de la mèche dans les lampes Arnould n°s 1, 2 et 3 essayées par la commission nble être réalisé d'une manière plus rationnelle.
Quant aux extinctions totales, le tableau montre qu'elles se produisent rarement lorsque la esse du mélange atteint 6 mètres.

ampes Mueseler-Godin (D.).

»	»	12	11	»	»	12	»	
»	»	3	1	»	2	1	»	
»	»	17	16	»	1	6	10	

énérales.

Cette lampe, soumise par la sous-commission à 13 expériences faites à des vitesses de $3^m,50$ à 50, a fourni 3 cas d'explosion.

TABLEAU XII. — Lampe

Nombre et circonstances des expériences.

Désignation des lampes.	Vitesse du mélange. mètres.	Courant horizontal. Lampe verticale. Conditions ordinaires.	Lampe verticale. Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Lampe verticale. Manœuvre spéciale (Scн) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Lampe balancée. Le gaz étant entré dans le mélange.	Lampe balancée. Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées.
Mueseler-Godin *H*. Exemplaire avec cylindre tout en tôle	3 »	2	»	»	»	»	»	»	»
	6 »	7	»	»	»	»	»	»	»

Observations

Sur 7 expériences à 6 mètres, on a eu un cas d'explosion, et on n'a pas obtenu de cas d'extinc tion simple. Lors des expériences de la sous-commission avec deux exemplaires de cette lampe

Exemplaire avec cylindre mi-tôle mi-toile.	6 »	3	»	»	»	»	»	»	»

Observations

Cette lampe brûle et éclaire mal, circonstances qui ont fait renoncer à de nombreuses

TABLEAU XIII. —

Mueseler-Harmegnies nº 5	6 »	3	»	»	»	»	»	»	»

Observations

La construction de cette lampe empêche de voir ce qui s'y passe après l'extinction de la mèche.

TABLEAU XIV. —

Mueseler-Harmegnies, nº 6	6 »	2	»	»	»	»	»	»	»

Mueseler-Godin (H.).

RÉSULTATS.

COURANT INCLINÉ. Ascendant.	COURANT INCLINÉ. Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	*Observations.*
»	»	2	2	»	»	2	»	
»	»	7	7	»	1	»	6	

générales.

il s'était produit, sur 25 expériences faites à des vitesses de 3 à 9 mètres, 2 cas d'explosion et 6 cas de simple inflammation de gaz dans le cylindre.

»	»	3	3	»	»	2	1	

générales.

expériences.

Lampe Mueseler-Harmegnies.

»	»	3	?	»	1	?	?	La commission n'a pas jugé nécessaire de prolonger ces expériences.

générales

Lors des séances de la sous-commission, cette lampe avait donné lieu à 1 cas d'explosion sur 17 expériences.

Lampe Mueseler-Harmegnies.

»	»	2	2	»	2	»	»	Même observation que ci-dessus.

TABLEAU XVII. — Lampes

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE. mètres.	COURANT HORIZONTAL. Lampe verticale. Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon	Manœuvre spéciale (Sch) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expérience d'une durée de 5 à 6 minutes.	Lampe balancée. Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées.
MUESELER-JOASSIN n° 2, avec cheminée *A*, à conduits multiples (faisceau de 3 tubes étroits).	6 »	»	»	1	»	»	»	»	»
MUESELER-JOASSIN n° 2, avec cheminée *B*, à conduits multiples (faisceau de 3 tubes étroits)..	6 »	» »	» »	1 »	» »	» »	» »	» »	» »
MUESELER JOASSIN n° 2, avec cheminée *C*, à conduits multiples (faisceau de 8 tubes très-étroits)	6 »	» »	» »	1 »	» »	» »	» »	» »	» »
MUESELER-JOASSIN n° 2, avec cheminée *D*, à conduits multiples (4 longs tubes).	6 »	» »	» »	1 »	» »	» »	» »	» »	» »
MUESELER-DEMANET, avec cheminée à conduits multiples	6 »	» »	» »	1 »	» »	» »	» »	» »	» »
		Expériences classées indépendamment des							
Résultats généraux obtenus avec les MUESELER modifiées, pourvues de conduits multiples.	6 »	» »	» »	5 »	» »	» »	» »	» »	» »
		Expériences classées indépendamment des							
	6 »	TOTAUX.		17					

Observations

Ces lampes se sont comportées sensiblement de la même manière. Elles éclairent convenablement; cependant, elles paraissent devoir s'éteindre facilement dans les courants ascendants. Il n'y a eu qu'un seul cas d'extinction totale simple; mais les épreuves n'ont pas été prolongées, quand la vanne était amenée et maintenue à point fixe. A part 5 expériences dans des courants horizontaux et dans les conditions résultant de la manœuvre spéciale (Sch.) de la vanne, expériences qui, concurremment avec celles entreprises notamment sur les lampes Mueseler-Joassin primitives, montrent l'extrême difficulté que l'on aurait à produire l'explosion dans ces courants avec les susdits appareils d'éclairage pourvus de cheminées à conduits multiples, les autres expériences ont eu lieu dans des courants ascendants, lesquels précédemment avaient été trouvés éminemment dangereux.

Les lampes à conduits multiples ont fourni dans les courants montants chacune un cas d'ex-

ueseler à cheminées multiples.

RÉSULTATS.

COURANT INCLINÉ. Ascendant.	Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz sous la toile horizontale après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	Observations.
1	»	1	1	»	1	»	1	La commission n'a pas jugé nécessaire de prolonger ces expériences.
»	»	1	1	»	»	»	1	Idem.
3	»	2	2	»	1	»	2	
»	»	1	1	»	»	»	1	Idem.
2	»	1	1	»	1	»	1	
»	»	1	1	»	»	»	1	Idem.
3	»	2	1	»	1	1	1	
»	»	1	1	»	»	»	1	Idem.
3	»	2	2	»	1	»	2	

ivers genres ou exemplaires de lampes.

»	»	5	5	»	»	»	5
12	»	8	7	»	5	1	6

rconstances d'exposition des lampes.

13	12	»	5	1	11

énérales

sion, mais il a été observé que chaque fois qu'il y a eu explosion, la position de la lampe érimentée était telle qu'avant l'arrivée du gaz, la flamme de la mèche vacillait fortement ou trouvait écrasée, ce qui indiquait des tourbillons ou des remous dans la veine fluide dont flexion ascendante se produisait brusquement et avec contraction tant soit peu en deçà de la npe. Aussi c'est bien plus à ces tourbillons ou à ces remous qu'à la simple vitesse du cout qu'il faut rattacher la fréquence des explosions obtenues, et l'ensemble des expériences de commission prouve qu'il n'y a lieu de considérer comme très-dangereuses en elles-mêmes les circonstances qui, venant contrarier le tirage régulier des lampes et tendant à le renver-, se manifestent par la vive agitation de la flamme de la mèche et surtout par son écrasement.

VI. NOTE SUR L'ÉPAISSEUR A DONNER AUX BATARDEAUX A COFFRAGE, PAR M. J. M. BROEKHANS, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Pour déterminer l'épaisseur des batardeaux à coffrage, les auteurs indiquent certaines règles empiriques.

Suivant les uns cette épaisseur doit être égale à la hauteur d'eau à soutenir.

D'après Eytelwein, lorsque les batardeaux doivent avoir une hauteur de plus de 2 1/2 mètres, on peut leur donner une épaisseur égale à la moitié de cette hauteur augmentée de $1^m,50$.

Sganzin dit que l'on est dans l'usage de donner à un batardeau à coffrage *non accoré à l'intérieur*, une épaisseur égale à la hauteur d'eau à soutenir, quand elle n'excède pas 3 mètres et d'y ajouter $0^m,32$ pour chaque mètre de hauteur excédante.

Il est souvent très-difficile d'accorer à l'intérieur les ouvrages dont il est question, soit parce qu'en disposant les contrevents entre les pièces du coffrage au-dessous du niveau de l'eau, on facilite les filtrations et qu'il faut augmenter la hauteur de ces pièces si l'on veut placer les contrevents au-dessus ce niveau, soit parce que les circonstances locales ne permettent pas de disposer des étançons dans l'enceinte qui doit être mise à sec.

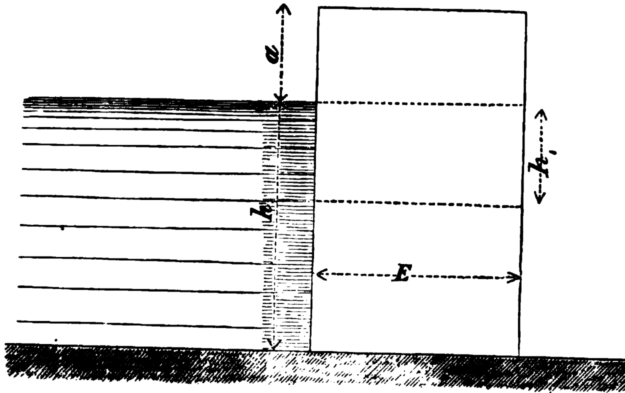
On pourrait donc, en cas d'insuffisance, au point de vue de la stabilité, des dimensions déterminées par les règles indiquées ci-dessus, être entraîné, en les adoptant, dans de grandes complications.

Il semble dès lors qu'il n'est pas inutile d'examiner si ces dimensions assurent bien la stabilité des batardeaux et, le cas échéant, dans quelles limites de hauteurs d'eau.

Deux conditions sont nécessaires à cet effet : il faut que le mouvement de rotation soit prévenu et l'équilibre de translation assuré.

La première condition est satisfaite avec un coefficient de stabilité égal à 2, sans tenir compte de la résistance des pièces du coffrage, lorsque l'on a $\frac{1000\, h_1^3}{6} \leqq \frac{E'D(a + h_1)}{4}$

pour toute valeur de h_1, D représentant le poids spécifique de la terre de remplissage du coffre et les autres quantités ayant la désignation indiquée dans la figure.



On déduit de cette formule :

$$E \geqq \sqrt{\frac{2000\, h_1^3}{3\, D\, (a + h_1)}}$$

Le maximum du second membre, et par suite celui de la valeur de E, correspond à $h_1 = h$ et l'on devra avoir

$$E \geqq \sqrt{\frac{2000\, h^3}{3\, D\, (a + h)}} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

La seconde condition sera remplie lorsque dans une section horizontale quelconque du batardeau l'effort nécessaire pour vaincre le frottement de la terre dépasse la pression de la colonne d'eau qui se trouve au-dessus de cette section, ce qui préviendra la déformation du batardeau.

Elle se traduit par la formule

$$\frac{1000\, h_1^2}{2} \leqq D\, L\, f\, (a + h_1),$$

f étant le coefficient de frottement de la terre de remplissage du coffre.

On en tire

$$E \geqq \frac{1000\, h_1^2}{2\, D f (a + h_1)}$$

et par conséquent pour la plus grande valeur de E

$$E \geqq \frac{1000\, h^2}{2\, D f (a + h)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

La dernière des deux valeurs maxima de E que nous venons de trouver dépassera toujours la première si l'on a

$$a < \frac{(375 - D f^2)\, h}{D f^2}$$

Le poids spécifique de l'argile et le coefficient de frottement de l'argile humide et ramollie étant respectivement de 1820 k^g, et 0.34 on trouve en substituant ces quantités dans l'inégalité précédente

$$a < 0.782\, h$$

Chaque fois donc que la hauteur de la surcharge en terre du batardeau sera inférieure à la fraction 0.782 de la hauteur d'eau à soutenir, la largeur déterminée par la relation (1) sera moindre que celle fournie par la relation (2).

En pratique, cette circonstance se présente presque toujours.

Il n'y aura exception que dans le cas où, à défaut d'espace permettant de donner à un batardeau, non arc-bouté, une largeur suffisante pour en assurer la stabilité, on devrait élever le remblai en terre du coffre à une hauteur très-grande au-dessus du niveau de l'eau.

Généralement donc il suffira que la largeur des batardeaux satisfasse à la relation (2) pour qu'en même temps la condition (1) soit remplie et la première peut, par suite, être considérée comme déterminant pour les batardeaux non arc-boutés une limite inférieure en dessous de laquelle leur largeur ne devra pas descendre.

En établissant les formules (1) et (2), nous n'avons pas tenu compte de la résistance des pièces du coffrage, par la raison que les dimensions de ces pièces peuvent être déterminées, de manière qu'elles ne pré-

sentent pas une résistance supérieure à celle nécessaire pour supporter la poussée de la terre placée à l'intérieur du coffre, et qu'ainsi toute leur force sera convenablement utilisée.

Si l'on remplace dans la relation (2) D et f par leur valeur, elle devient

$$E \geqq 0.80 \sqrt{\frac{h^2}{a+h}}$$

et si l'on suppose a = o ou la surcharge nulle, ce qui est une hypothèse favorable à la stabilité du batardeau, attendu que sa hauteur dépassera toujours d'une certaine quantité le niveau le plus élevé de l'eau, on trouve

$$E \geqq 0.80\, h \quad \text{ou}$$

$$E \geqq \frac{4}{5}\, h \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Comparons les résultats tirés de cette dernière formule à ceux déduits des règles empiriques citées plus haut.

La première de ces règles donne des épaisseurs toujours supérieures à celles fournies par la formule qui précède.

Tant que la hauteur d'eau à soutenir est moindre que 5 mètres, les épaisseurs déduites de la relation (3) sont inférieures à celles qu'indique la deuxième règle.

Pour une hauteur d'eau de 5 mètres, les résultats sont les mêmes.

Lorsque la hauteur d'eau est plus grande que 5 mètres, la deuxième règle donne des épaisseurs constamment plus faibles que celles tirées de la relation (3).

Ainsi, par exemple, pour des hauteurs d'eau de 3 et de 8 mètres, les épaisseurs sont, d'après cette dernière, de 2m,40 et 6m,40 et, d'après la deuxième règle, elles sont de 3m et 5m,50.

La dimension fournie par la 3e règle est la même que celle déduite de la formule (3) lorsque la hauteur d'eau à soutenir est de 4m,25. Pour des hauteurs d'eau moindres, les résultats que donne cette règle l'emportent sur ceux de la formule et l'inverse a lieu si les hauteurs d'eau sont plus grandes.

Pour les hauteurs d'eau ci-dessus indiquées de 3 et de 8 mètres, on trouve par la 3e règle des épaisseurs de 3^m et 4.60 au lieu de $2^m,40$ et $6^m,40$.

Ces écarts sont considérables.

Nous croyons, en conséquence de ce qui précède, pouvoir recommander l'emploi de la formule très-simple

$$E = \frac{4}{5} h$$

de préférence aux règles empiriques énoncées ci-dessus, pour la détermination de l'épaisseur des batardeaux non arc-boutés. Elle présente cet avantage que les valeurs qu'elle donne pour E sont constamment en rapport avec les efforts qui tendent à déformer ces ouvrages.

Ces valeurs sont d'ailleurs largement suffisantes pour empêcher les filtrations à travers le coffre des batardeaux lorsqu'ils sont remplis de terre argileuse, et quant aux filtrations à travers le sol en dessous de ces ouvrages, les épaisseurs fixées par les règles empiriques prémentionnées ne sont pas considérées comme étant d'ordinaire indispensables pour les prévenir, car Sganzin admet que les dimensions fournies par la 3e règle seraient susceptibles de réduction si les batardeaux au lieu d'être remplis en terre l'étaient en béton.

Gand, le 15 novembre 1872.

VII. ÉQUILIBRE ET VITESSE DE LA DESCENTE DANS LES MACHINES D'ÉPUISEMENT, PAR L. TRASENSTER, PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ ET A L'ÉCOLE DES MINES DE LIÉGE.

En 1848 j'avais donné des formules (1) pour calculer les masses nécessaires au fonctionnement des machines d'épuisement à détente ; je n'avais pas alors recherché l'excédant de poids exigé pour donner aux appareils une vitesse déterminée à la descente.

(1) *Annales des travaux publics*, tome VII. Récemment ont paru aussi plusieurs mémoires intéressants, notamment ceux de M. Hochereau, sur *le calcul du poids des volants*, *Annales des travaux publics*, tome XXVI, et de M. Dwelshauvers, *Revue universelle*, tome XXX.

Les recherches que j'ai faites dans ce but m'ont conduit à des formules également très-simples et à des résultats qui s'écartent des opinions généralement admises.

Ainsi, dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire que les appareils d'épuisement présentent un excédant de poids sur la résistance moyenne des colonnes refoulées et des frottements. L'effet de l'émersion des plongeurs et du redoublement des colonnes suffit pour imprimer une vitesse convenable.

En outre, pour les appareils placés dans ces conditions, j'arrive aux résultats suivants :

1° *La durée de la descente est indépendante de la course ;* une course de 4 mètres est parcourue, à la descente, dans le même temps qu'une course de 2 mètres ; les longues courses sont donc favorables à la vitesse moyenne des appareils d'épuisement.

2° *La vitesse moyenne de descente est à la vitesse maxima dans le rapport de* $2 : \pi$ (soit 0,637) et pour un excédant de poids supérieur aux résistances moyennes, ce rapport peut dépasser les deux tiers et atteindre à peu près les trois quarts (0,725).

La conséquence de ces faits est aussi qu'il importe, pour favoriser la vitesse de la machine, de refouler les colonnes dans le prolongement des tuyaux ascensionnels, au lieu d'employer des bacs, *et d'éviter que ces tuyaux aient une section plus grande que les plongeurs.*

Vitesse maxima à la descente.

Supposons qu'une pompe foulante élève l'eau à une hauteur H, cette hauteur étant prise à partir du milieu de la course et le tuyau ascensionnel prolongé ayant le diamètre du plongeur.

Soit a la section du plongeur, l la course, M le poids total mis en mouvement à la descente, pour un étage de pompe H, x l'espace parcouru par le plongeur à un moment donné, et K l'excédant du poids des attirails sur les résistances au départ.

La moitié de la force vive des masses en mouvement, après le parcours x, sera égal au travail de K, ou à Kx, moins l'effet de l'immersion du plongeur et du redoublement de la colonne.

Après un parcours x, le plongeur se sera immergé d'une hauteur x, et la colonne ascensionnelle aura été surélevée de la même quantité, soit en tout une augmentation de résistance égale à $1000a\ 2x$; le travail

correspondant sera $\int 1000a\ 2x \times dx$, ou $1000a\ x^2$ et, par conséquent, on aura

$$\frac{M}{2g} V^2 = Kx - 1000\,a\,x^2$$

et en représentant 1000 A par B

$$\frac{M}{2g} V^2 = Kx - Bx^2.$$

Si nous admettons que l'excédant du poids des attirails sur toutes les résistances est nul au milieu de la course, ou, en d'autres termes, que l'excédant au départ est égal à la moitié de la variation totale de la résistance due au volume d'eau déplacé par le plongeur et refoulé dans la colonne, on aura

$$K = \frac{1}{2}\,2.1000\,al = 1000\,al.$$

L'excédant, au départ, est donc représenté par le poids d'un volume d'eau égal à celui engendré par le plongeur.

La vitesse maxima à la descente a lieu au moment où l'équilibre s'établit entre l'effort moteur et les résistances, c'est-à-dire lorsque la résultante passe par zéro. Or, ce point d'équilibre est au milieu de la course et correspond à

$$x = \frac{l}{2}$$

On a, par conséquent, en substituant à x cette valeur

$$\frac{M}{2g} V^2 = K\frac{l}{2} - B\frac{l^2}{4}.$$

Et comme $K = 1000\,al$ et $B = 1000\,a$, on trouve

$$\frac{M}{2g} V^2 = \frac{1000\,al^2}{2} - \frac{1000\,al^2}{4} = \frac{1000\,al^2}{4}$$

et

$$V = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2g \times 1000\,a}{M}}$$

On voit que la vitesse *maxima* est *proportionnelle à la course*, et que pour $l = 4$ mètres elle sera double de celle qui correspond à $l = 2$ mètres. La vitesse moyenne étant à la vitesse *maxima* dans le rapport de $2 : \pi$, comme nous le verrons plus loin, il en résulte que la durée de la descente est indépendante de la longueur de la course.

Pour apprécier si la vitesse ainsi obtenue peut être suffisante, exami-

nons successivement les cas habituels de la pratique : 1° avec les masses les plus faibles; 2° avec les masses les plus considérables employées dans des machines du système de Cornouailles, comme celles de Hornu et du Bleyberg.

Prenons un étage de H mètres de hauteur, et supposons d'abord une machine à traction directe sans contrepoids et telle que les attirails n'excèdent le poids statique des colonnes refoulées que d'une quantité égale aux divers frottements. J'avais évalué en 1848 ces frottements à 0,11 du poids statique E des colonnes refoulées et dans la plupart des machines ce chiffre est encore exagéré. Il descend même parfois à 0,06 et à 0,07. En prenant $F' = 0{,}10\ E$, on a donc un chiffre qui dépasse la moyenne habituelle dans les machines bien établies.

Au surplus, que F' soit égal à 0,10 E, à 0,11 E ou même à 0,125 E, ces différences de valeur n'ont qu'une influence insignifiante sur le résultat du calcul que nous allons faire.

La colonne refoulée, pour un étage de hauteur H, sera égale à $1000\, a \times H = E$.

Le poids moyen de la tige, nécessaire pour la refouler, sera égal à $E \times 1{,}10 = 1000 \,.\, a \,.\, H \times 1{,}10$.

Par conséquent, le poids total mis en mouvement sera le poids de la tige, plus celui de la colonne refoulée, soit :

$$M = E + E.\ 1{,}10 = 1000 \,.\, a \,.\, H \times 2{,}10$$

et pour $H = 50^m$, comme à Hornu, on aura :

$$M = 1000 \,.\, a \,.\, 105$$

et l'équation (1) ou

$$V = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2g \times 1000 \,.\, a}{M}}$$

donnera

$$V = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2g \,.\, 1000a}{1000a\,105}} = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2 \times 9{,}81}{105}}$$

Pour	$l = 3^m$	on aura	$V = 0^m{,}648$
»	$l = 4^m$	»	$V = 0^m{,}864$

Mais les masses en mouvement, au lieu d'être doubles du poids de la colonne à soulever, peuvent être près de 4 fois cette quantité, comme

dans les machines du système Woolf, ou 8 fois, chiffre à peu près atteint dans les machines du système de Cornouailles.

En posant $M = 1000 . a . H \times n$

l'équation (1) devient :

$$V = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2g}{H \times n}} \qquad (2)$$

Or, on remarquera que la vitesse de la descente est en raison inverse de la racine carrée des masses en mouvement ou de n. Au surplus, le calcul direct est des plus simples.

Pour $n = 4$ et $H = 50^m$

$M = 4 . 1000 . a . 50$

$$V = \frac{l}{2} . \sqrt{\frac{2g}{200}} = \frac{l}{20}\sqrt{g}$$

Et alors $l = 3^m$ donne $V = 0{,}469$

$l = 4^m$ donne $V = 0{,}626$

Pour $n = 8$ et $H = 50^m$

$M = 8 \times 1000 . a . 50$

et on trouve :

$$V = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2g}{400}} = \frac{l}{40}\sqrt{2g} = \frac{l}{40} 4,4.$$

Soit $V = 0{,}33$ pour $l = 3^m$

et $V = 0{,}44$ pour $l = 4^m$

Dans les machines (système Cornouailles) d'Hornu et du Bleyberg, les masses en mouvement à la descente sont 7 fois le poids statique de la colonne refoulée. A Hornu les masses donnent un total de 546,109 kil., et la colonne d'eau pèse 78,052. Dans la machine du Creusot, du système Woolf, le rapport est comme 1 : 3,5, c'est-à-dire que $n = 3{,}5$.

Le calcul établi pour un étage moyen s'applique à la machine entière du moment où l'on prend le rapport moyen des masses en mouvement pour l'étage que l'on considère.

Il y aurait toutefois une légère correction à faire, si le nombre des étages était restreint ; parce que la pompe supérieure verse au jour, et que l'eau ne s'élève pas dans la colonne ascensionnelle au-dessus du niveau du dégorgeoir.

Dans quelques machines, il y a une autre correction à faire, et celle-là est essentielle : c'est lorsque le haut de la colonne ascensionnelle a un diamètre différent de celui des plongeurs.

Ainsi à Hornu, les plongeurs ont un diamètre de $0^m,50$ et le haut des colonnes un diamètre de $0^m,60$. Il en résulte que, pour une course des plongeurs de 4 mètres, le niveau de l'eau ne monte dans la colonne que de $2^m,77$, et par suite, la variation de l'effort dû à l'immersion des plongeurs est diminuée.

Pour appliquer les formules précédentes aux cas analogues, nous remarquerons que si on appelle a' la section de la partie supérieure de la colonne et l' le niveau dont l'eau s'y élève, par le jeu des plongeurs, on aura l'équation.

$$al = a'l'.$$

Pour que l'excédant du poids des attirails, sur la moyenne des résistances soit nul, il faut que l'équilibre subsiste au milieu de la course, et que par conséquent l'on ait

$$K = 1000 . a . \frac{l + l'}{2}$$

La vitesse maxima sera également atteinte au milieu de la course. La moitié de la force vive sera égale au travail de Kx diminué de l'effet de l'immersion du plongeur $\frac{Bx^2}{2}$ et de l'effet de l'ascension de la colonne $\frac{Bl'^2x^2}{2l^2}$ On aura donc

$$\frac{M}{2g} V^2 = Kx - \frac{Bx^2}{2} - \frac{Bl'^2x^2}{2l^2}$$

Et au milieu de la course ou au point où V est maximum ou aura $x = \frac{l}{2}$ et par conséquent

$$\frac{M}{2g} V^2 = K \frac{l}{2} - \frac{Bl^2}{8} - \frac{Bl'^2l^2}{8l^2} = K \frac{l}{2} - \frac{Bl^2}{8} - \frac{Bl'^2}{8}$$

$$= 1000\, a \frac{(l + l')}{2} . \frac{l}{2} - \frac{1000 a l^2}{8} - \frac{1000 a l'^2}{8}$$

$$= \frac{1000a}{8} (l^2 + 2ll' - l'^2)$$

et $$V = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l^2 + 2ll' - l'^2}{Hn} \times g}. \qquad (3)$$

Dans la machine du Grand-Hornu $l = 4$, $l' = 2,77$, $H = 50^m$,

$F' = 0{,}11$ E. Si le poids des attirails était seulement égal à 1,11 E on aurait $n = 2{,}11$ et on trouverait pour la vitesse maxima :

$$V = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(l^2 + 2\,ll' - l'^2)g}{105{,}5}}$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(16 + 22{,}16 - 7{,}6729) \times 9{,}81}{105{,}5}}$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{30{,}487 \times 9{,}81}{105{,}5}} = 0{,}84.$$

Si nous prenons $n = 7$, comme c'est le cas pour la machine du Grand-Hornu, nous trouverons :

$$V = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{30{,}487 \times 9{,}81}{50 \times 7}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{299{,}07744}{350}} = 0{,}4622$$

L'observation approximative a donné 0,43, chiffre qui s'écarte peu du précédent.

Durée de la descente et vitesse moyenne.

De la relation $\frac{M}{2g}V^2 = Kx - Bx^2$,

on tire, en posant $\frac{M}{2g} = A$,

$$A\frac{dx^2}{dt^2} = Kx - Bx^2$$

ou $$dt = \sqrt{A}\,\frac{dx}{\sqrt{Kx - Bx^2}} = \sqrt{\frac{A}{B}}\;\frac{-\frac{2B}{K}dx}{-\sqrt{1 - \left(1 - \frac{2B}{K}x\right)^2}},$$

et $$t = \sqrt{\frac{A}{B}}\arccos\left(1 - \frac{2B}{K}x\right)$$

remplaçant A et B par leurs valeurs et remarquant que pour $x = 0$ la constante est nulle, on trouvera

$$t = \sqrt{\frac{Hn}{2g}}\arccos\left(1 - \frac{2000a}{K}x\right) \qquad (4)$$

Lorsque $K = 1000\, al$, on trouve pour la durée de la course, x étant égal à l, la valeur

$$t = \sqrt{\frac{Hn}{2g}} \arccos \left(1 - \frac{2000\, al}{1000\, al}\right) = \pi \sqrt{\frac{Hn}{2g}} \qquad (5)$$

Expression dans laquelle t est indépendant de l, c'est-à-dire *de la longueur de la course*. La durée de la descente est donc la même quelle que soit la course.

La vitesse moyenne V^m est alors égale à $\frac{l}{t}$, c'est-à-dire qu'on a

$$V^m = \frac{l}{t} = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{H.n}} \qquad (6)$$

Or, dans les mêmes conditions, la vitesse *maxima* est donnée par l'équation (2)

$$V = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{2g}{H.n}}.$$

On aura, par conséquent, pour le rapport de la vitesse maxima à la vitesse moyenne :

$$\frac{V^m}{V} = \frac{2}{\pi} = 0,637 \qquad (7)$$

On peut donc trouver immédiatement la vitesse moyenne de descente dans les différents cas que nous avons examinés, en multipliant la vitesse maxima trouvée par 0,637.

Ainsi pour des étages de 50 mètres et un poids à mouvoir égal à 2,1 . 1000 . a . 50, on trouve

$$t = \sqrt{\frac{105}{2g}} \cdot \pi = 7''25.$$

Pour une course de 3 mètres parcourue en 7''25, on aura pour la vitesse moyenne

$$V^m = \frac{3}{7,25} = 0,4138.$$

Pour une course de 4 mètres on aura

$$V^m = \frac{4}{7,25} = 0,55$$

Ces deux vitesses sont respectivement les vitesses maxima trouvées plus haut, multipliées par $\frac{2}{\pi}$ ou par 0,637.

Si les masses augmentent, la durée de la course s'accroît en raison de la racine carrée des masses.

Pour $M = 8.1000\ a\ H$, on trouvera

$$t = \sqrt{\frac{8\ .\ 1000\ .\ a\ 50}{2g\ .\ 1000\,a}} \times \pi = 14''3.$$

Dans le cas où, comme à Hornu, la section de la partie supérieure de la colonne ascensionnelle est différente de celle des plongeurs, l'on a, comme précédemment

$$K = \frac{l+l'}{2} \times 1000.a \quad \text{et} \quad B \times 2x \text{ devient } B\left(x + x\,\frac{l'}{l}\right)$$

Pour $x = l$ cette valeur devient $B\,(l + l')$ ou $1000\ a\ (l + l')$, c'est-à-dire qu'elle est égale à la variation totale et effective de la résistance à la descente.

On aura donc pour la durée de la course,

$$t = \sqrt{\frac{1000\ .\ a\ .50.7}{2g.\ 1000\ .\ a}} \text{ arc cos }\left(1 - \frac{1000\ .a\ .(l + l'}{1000\,a\,\frac{l+l'}{2}}\right)$$

$$t = \sqrt{\frac{50 \times 7}{2g}} \times \pi = 13''25.$$

L'observation a donné 13''35.

La vitesse moyenne est $V^m = \frac{4}{13,25} = 0^m,30.$

Si on multiplie la vitesse maxima par $\frac{2}{\pi}$ ou 0,637 ou trouve $V^m = 0,4622 \times 0,637 = 0^m,2944$ qui diffère très-peu de $0^m,30$.

Il est à remarquer que la machine d'Hornu, malgré les masses énormes qu'elle met en mouvement (546 tonnes à la descente) satisfait aux conditions théoriques que nous avons indiquées. D'après des diagrammes relevés avec beaucoup de soin, il n'y a pas compression grande de la vapeur à la fin de la course descendante; plusieurs autres machines

dont nous avons pu vérifier les diagrammes ne présentent qu'une compression insignifiante. On voit donc qu'on s'est généralement beaucoup exagéré les excédants nécessaires pour accélérer la descente des appareils d'épuisement. On voit aussi que M. Bocholtz dans ses calculs sur la machine d'Hornu, a été trompé par des données erronées, et que l'effet du recouvrement des clapets des pompes n'a nullement l'influence qu'il lui attribue dans le mémoire qu'il a publié dans les tomes 23 et 25 de la *Revue universelle*.

Le recouvrement est le plus souvent annulé par l'introduction de l'eau qui forme coin entre la surface du clapet et celle du siége et l'excédant de pression est rarement bien notable.

D'un autre côté, l'immersion des plongeurs produit précisément l'effet que M. Bocholtz avait voulu réaliser par son régénérateur ; il serait facile, au besoin, d'augmenter cette action régénératrice; soit en rétrécissant, au lieu de l'élargir le haut des colonnes ascensionnelles, ce qui pourrait, toutefois, présenter des inconvénients, soit en interposant entre les branches de la maîtresse-tige un cylindre fermé, convenablement guidé et se mouvant librement dans l'axe d'un autre cylindre à moitié rempli d'eau et présentant une section double.

Ainsi, pour une course de trois mètres la maîtresse-tige porterait un tuyau plongeur de six mètres. Au départ il toucherait la surface de l'eau contenue dans un cylindre de section double, à la fin de la course le plongeur serait immergé de six mètres, par l'effet de sa descente et du déplacement de l'eau qui refluerait et s'élèverait au-dessus de son niveau d'une quantité égale à la course. Cette disposition ne nécessiterait pas de boîte à bourrage et n'occasionnerait pas de résistance bien sensible.

Dans le cas où l'on ne voudrait pas alourdir la maîtresse-tige du poids du tuyau-plongeur, on pourrait le faire agir par une poulie de renvoi. Le poids de la maîtresse-tige serait allégé, à la fin de la course de tout le poids du plongeur, et au départ de la différence entre ce poids et le double du poids du volume d'eau refoulé par le plongeur. Seulement cette disposition plus encombrante nécessiterait, en outre, la dépense et l'entretien d'une chaîne et d'une poulie.

Effet des poids additionnels sur la vitesse de descente.

Quand on veut accélérer la descente au-delà de la vitesse qui résulte de l'émersion des plongeurs, on doit ajouter au poids de la maîtresse-

tige un certain excédant sur la résistance moyenne des colonnes refoulées et des frottements.

On peut, ou rechercher l'effet d'un poids additionnel constant, ou l'effet d'un poids proportionnel à l'effet de l'émersion. Ainsi dans le premier cas, on ajouterait un excédant N au poids de la maîtresse-tige, dans le second cas une fraction z du poids d'eau déplacé par le plongeur, c'est-à-dire que K deviendrait

$$K(1+z) = 1000\,al\,(1+z).$$

Prenons d'abord la première hypothèse. L'équation de la deuxième page de ce travail deviendra

$$\frac{M}{2g}V^2 = (1000\,al + N)\,x - 1000\,ax^2$$

Mais au point où l'équilibre a lieu et où la vitesse est maxima on a la relation

$$1000\,al + N = 1000\,a \times 2x$$

et

$$x = \left(\frac{l}{2} + \frac{N}{2000\,a}\right)$$

On tirera de là pour la valeur correspondante de V;

$$V = \sqrt{\frac{2g}{M}\left\{(1000\,al + N)\left(\frac{l}{2} + \frac{N}{2000a}\right) - 1000\,a\left(\frac{l}{2} + \frac{N}{2000a}\right)^2\right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{2g}{M}\left\{2000\,a\left(\frac{l}{2} + \frac{N}{2000\,a}\right)^2 - 1000\,a\left(\frac{l}{2} + \frac{N}{2000\,a}\right)^2\right\}}$$

$$= \frac{1}{2}\left(l + \frac{N}{1000\,a}\right)\sqrt{\frac{2g\,.\,1000\,.\,a}{M}} \qquad (8)$$

La vitesse maxima est ici proportionnelle à $\frac{1}{2}\left(l + \frac{N}{1000\,a}\right)$

c'est-à-dire à la course augmentée de la quantité constante N divisée par $1000\,a$.

D'un autre côté, la vitesse moyenne effective ne pourra plus être calculée comme précédemment. En effet, l'excédant N produira un travail

qui devra être amorti à la fin de la course par la compression de la vapeur dans l'espace mort; il y aura donc un ralentissement de vitesse à partir de la fermeture de la soupape d'équilibre qui dépendra de la résistance de la vapeur s'ajoutant à l'effet de l'immersion des plongeurs.

Le travail de 1000 $a\,l$ étant nul à la fin de la course, le travail qu'il faut neutraliser par l'action de la vapeur est celui de l'excédant constant N. Ce travail à la fin de la course sera pour chaque plongeur égal à N l, et pour b plongeurs il sera b N l.

Si S est la section utile du piston de la machine motrice, P_0 la pression de la vapeur dans le cylindre, lorsque la soupape d'équilibre est ouverte, P_1 la pression de la vapeur comprimée dans l'espace mort à la fin de la course, Sl_1 le volume de l'espace mort, on aura pour le travail de la compression de la vapeur

$$bNl = Sl_1\, P_1 \log \frac{P_1}{P_0}.$$

ou si l'on ne veut considérer que le travail d'un plongeur

$$Nl = \frac{S}{b}\, l_1 P_1 \log \frac{P_1}{P_0}$$

On peut aussi, d'après les mêmes données et en admettant la loi de Mariotte, trouver le chemin à parcourir après la fermeture de la soupape d'équilibre. En appelant y ce chemin, on aura

$$S(l_1 + y)\, P_0 = Sl_1\, P_1$$

Et la formule précédente pourra prendre cette forme

$$bNl = S(l_1 + y)\, P_0 \log \frac{l_1 + y}{l_1}.$$

qui permettra de calculer y et de s'assurer si le parcours x qui donne la vitesse maxima à la descente a été atteint avant la fermeture de la soupape d'équilibre, c'est-à-dire si $x < l - y$.

Si l'on prend $K = 1000\, al\,(1 + z)$, les formules précédemment trouvées prennent les formes suivantes :

Le point d'équilibre ou de vitesse maxima est donné par la relation :

$$K = 1000\, al\,(1 + z) = 1000\, a \times 2x$$

d'où

$$x = \frac{l}{2}(1 + z).$$

Et la vitesse maxima est donnée par l'équation

$$\frac{M}{2g}V^2 = 1000\,a\,\frac{l^2}{4}(1+z)^2$$

d'où
$$V = \frac{l}{2}(1+z)\sqrt{\frac{2g}{nH}} \qquad (9)$$

Si l'on prend $z = 1$ ou $K = 2 \,.\, 1000 \,.\, al$
la vitesse maxima correspond à $x = l$ ou à la fin de la course, et elle est double de celle trouvée pour $K = 1000\,al$; mais il est évident que cette vitesse n'est que théorique, puisque, à la fin de la course, le mouvement doit être amorti par la compression de la vapeur, et que la compression doit commencer bien avant la fin de la course descendante.

La durée de la descente, en faisant abstraction de la compression, est donnée, comme on sait, par la relation :

$$t = \sqrt{\frac{M}{2gB}}\ \text{arc cos}\left(1 - \frac{2Bx}{K}\right)$$

eu substituant à K la valeur $1000\,.\,al.\,(1+z)$ et B étant égal à $1000\,a$ on trouve pour $x = l$

$$t = \sqrt{\frac{nH}{2g}}\ \text{arc cos}\left(1 - \frac{2.1000a.l}{1000al(1+z)}\right)$$

ou
$$t = \sqrt{\frac{nH}{2g}}\ \text{arc cos}\left(1 - \frac{2}{1+z}\right) \qquad (10)$$

et pour $z = 1$

$$t = \sqrt{\frac{nH}{2g}} \times \frac{\pi}{2}$$

En appelant V^m la vitesse moyenne, on trouve pour la valeur de V^m

$$V^m = \frac{l}{\sqrt{\frac{nH}{2g}}\ \text{arc cos}\left(1 - \frac{2}{1+z}\right)}$$

et
$$\frac{V^m}{V} = \frac{\sqrt{\frac{nH}{2g}\ \text{arc cos}\,\frac{z-1}{z+1}}}{\frac{l}{2}(1+z)\sqrt{\frac{2g}{nH}}} = \frac{2}{(1+z)\ \text{arc cos}\,\frac{z-1}{z+1}} \qquad (11)$$

Pour $z = 0$ comme pour $z = 1$ on trouve, comme nous l'avons déjà indiqué,

$$\frac{V^m}{V} = \frac{2}{\pi}$$

Pour toutes les valeurs intermédiaires de z, entre 0 et 1, le rapport augmente et atteint à une fraction insignifiante près son maximum, soit 0,725, pour $z = 0{,}18$ correspondant au cosinus d'un angle de 134° ou 46° au-delà de l'angle droit.

Ainsi, en faisant abstraction de la compression de la vapeur, le rapport de la vitesse moyenne théorique à la vitesse maxima, pour un excédant du poids de la tige sur les résistances moyennes variant de 0 à une fois 1000 *al*, varie lui-même depuis $\frac{2}{\pi}$ ou 0,637 à 0,725. (1)

---

(1) Pour trouver le maximum de la fonction

$$y = \frac{2}{(1+z)\arccos\frac{z-1}{z+1}}$$

on peut poser $\arccos\frac{z-1}{z+1} = \varphi$, ou $\frac{z-1}{z+1} = \cos\varphi$

d'où

$$z = \frac{1+\cos\varphi}{1-\cos\varphi}$$

$$z+1 = \frac{2}{1-\cos\varphi}$$

$$y = \frac{1-\cos\varphi}{\varphi}$$

La valeur de φ correspondant à y maximum doit satisfaire à $\frac{dy}{d\varphi} = 0$, et $\frac{d^2y}{d\varphi^2} < 0$.

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{\varphi\sin\varphi + \cos\varphi - 1}{\varphi^2}$$

$$\frac{d^2y}{d\varphi^2} = \frac{\varphi^2\cos\varphi - 2(\varphi\sin\varphi + \cos\varphi - 1)}{\varphi^3}$$

cherchons à satisfaire aux équations du maximum par une valeur positive φ' de φ et $< 360°$.

Voici quelques chiffres calculés pour diverses valeurs de z.

Valeurs correspondantes de

z	$\frac{V^m}{V}$	$\arccos \frac{z-1}{z+1}$
0	0,637 ou $\frac{2}{\pi}$	180°
0,1	0,719	144°54′
0,16	0,723	136°36′
0,167	0,724	135°35′
0,17	0,725	135°11′
0,18	0,725	134°
0,19	0,7246	132°54′
0,25	0,723	126°52′
0,50	0,70	109°28′
0,67	0,676	101°24′
0,90	0,648	93°1′
1,00	0,637 ou $\frac{2}{\pi}$	90°

Ainsi, entre les limites indiquées la vitesse moyenne serait égale ou supérieure à 0,637, et ne dépasserait pas 0,725; mais comme l'effet de la compression de la vapeur diminue la vitesse théorique, à la fin de la course, sauf lorsque $z = 0$, la vitesse moyenne doit rarement dépasser les 0,7 de la vitesse maxima.

Les équations précédentes deviennent

$$\varphi \sin \varphi + \cos \varphi - 1 = 0 \qquad (a)$$

$$\varphi^2 \cos \varphi - 2(\varphi \sin \varphi + \cos \varphi - 1) < 0$$

ou

$$\varphi^2 \cos \varphi < 0 \text{ et } \cos \varphi < 0$$

donc

$$\frac{\pi}{2} < \varphi' < \frac{3\pi}{2}.$$

Représentons par x le premier membre de (a) et discutons cette fonction; on a $\frac{dx}{d\varphi} = \varphi \cos \varphi$.

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ donne } x = \frac{\pi}{2} - 1 > 0$$

$$\varphi = \frac{3\pi}{2} \quad \text{»} \quad x = -\frac{3\pi}{2} - 1 < 0$$

Un léger excédant a l'avantage d'accélérer la descente, et la vapeur renfermée dans l'espace nuisible, du moment où elle ne doit pas atteindre une compression exagérée, diminue d'autant le volume à fournir par les chaudières.

Ainsi, supposons $z = 0{,}17$ qui correspond, comme $z = 0{,}18$ au rapport le plus élevé entre V^m et V, on aura

$$V = \frac{l}{2}(1{,}17)\sqrt{\frac{2g}{Hn}}.$$

Pour $$M = 2,\ 1.1000.a.50$$

$$V = \frac{l}{2} \cdot 1{,}17\sqrt{\frac{2g}{2{,}1 \times 50}}$$

et si l'on prend $$l = 4$$

$$V = \frac{l}{2} \cdot 1{,}17 \times \frac{45{,}4}{105} = 1{,}012$$

et $$V^m = 1{,}012 \times 0{,}725 = 0{,}734,$$

ce qui correspondrait pour la durée de la descente, à

$$t = 4''5.$$

---

donc, il y a au moins une racine de (a) entre $\frac{\pi}{2}$ et $\frac{3\pi}{2}$, et φ' est réel.

Reste à voir s'il n'y a qu'une racine? Si l'on fait varier φ entre $\frac{\pi}{2}$ et $\frac{3\pi}{2}$, $\frac{dx}{d\varphi}$ reste négatif, dont x décroît continuellement et ne peut passer qu'une seule fois par 0; donc une seule racine φ' de (a) est comprise entre $\frac{\pi}{2}$ et $\frac{3\pi}{2}$.

Substituons à φ des valeurs intermédiaires pour resserrer ces limites :

$$\varphi = \pi \text{ donne } x = -2 < 0\ ;\ \text{donc, } \frac{\pi}{2} < \varphi' < \pi,$$

$$\varphi = \frac{3\pi}{4} \text{ donne } x = \frac{3\pi}{4}\sin\frac{3\pi}{4} + \cos\frac{3\pi}{4} - 1 = -0{,}041$$

Donc φ' est très-près et $< \frac{3\pi}{4}$ ou 135°,

$$\varphi' = 134^\circ \text{ donne } x = -0{,}0124 \text{ et } \varphi' = 133^\circ \text{ donne } x = 0{,}016.$$

Donc $$133^\circ < \varphi' < 134^\circ.$$

La vitesse *maxima* se produit au point d'équilibre, lequel est ici donné par la valeur

$$x = \frac{l}{2}(1 + z) = \frac{l}{2} \cdot 1{,}17$$

ou $$x = 2^m{,}34,$$

soit $0^m{,}34$ au-delà du milieu de la course.

Pour une course de 3 mètres le point d'équilibre se trouverait à une distance

$$x = \frac{3 \times 1{,}17}{2} = 1{,}75$$

Il y a une correction à faire, dans la durée de la descente, pour tenir compte de la compression de la vapeur, mais, pour un excédant aussi faible, la compression ne commence que près de l'extrémité de la course.

Prenons pour exemple deux machines, l'une sans détente et à haute pression, l'autre à grande détente et condensation.

D'après les coefficients que nous avons calculés en 1848, et qui sont même trop élevés pour les machines actuelles, établies avec les soins convenables, le travail de la vapeur, relevé à l'indicateur, est égal au travail nécessaire pour soulever la colonne multiplié par 1,18 pour les machines sans pompes à air et par 1,21 pour les machines à détente avec pompe à air.

Si nous prenons une machine à traction directe, à haute pression, avec condenseur sans pompe à air, on aura pour la section s du piston correspondant à un étage de pompe (la section totale S sera égale à s multiplié par le nombre de pompes superposées $S = bs$)

$$s(P - p)\,l = 1{,}18 \,.\, 1000 \,.\, a \,.\, H \,.\, l$$

$$s = a \,.\, 1000 \,.\, \frac{1{,}18\,H}{P - p} = a \,.\, 1000 \,.\, m \qquad (12)$$

En admettant pour $P-p$ environ quatre atmosphères et demi, ou, en nombres ronds, 45000 kilog. par mètre carré et 50 mètres pour H, on aura la relation

$$s \,.\, 45000 = 1{,}18 \,.\, 1000 \,.\, a \,.\, 50$$

ou $$s = \frac{1{,}18.50}{45} \,.\, a = 1{,}31\, a.$$

Ainsi, la section totale du cylindre moteur serait égale à la section de tous les plongeurs multipliée par 1,31.

Dans une machine à grande détente, dans laquelle la pression moyenne effective ne dépasserait pas deux atmosphères, on aurait pour trouver s l'équation

$$s \,.\, 20000 = 1{,}21 \,.\, 1000 \,.\, a \,.\, 50$$

$$s = \frac{1{,}21 \,.\, 5}{2} a \,. = 3{,}025\ a,$$

c'est-à-dire que, pour le même travail, la surface du piston sera 2,31 fois plus grande.

Naturellement, le degré de compression de la vapeur, pour un même excédant de travail descendant, sera d'autant moindre que la surface du piston sera plus grande ; mais, d'un autre côté, elle sera influencée en sens inverse par la valeur de P_0, ou de la pression de la vapeur dans le cylindre au moment de la fermeture de la soupape d'équilibre.

Appliquons le calcul d'abord à une machine sans détente établie dans les conditions indiquées plus haut.

La formule donnée précédemment peut s'écrire, en faisant $\frac{l_1 + y}{l_1} = u$ sous la forme suivante :

$$Nl = sl_1\ P_0 \,.\frac{l_1 + y}{l_1} \log \frac{l_1 + y}{l_1}\ sl_1 = P_0\ u \log u$$

Pour $N = 1000 \,.\, a \,.\, l \,.\, z$ et $s = ma\ 1000$, on aura

$$z \,.\, 1000 \,.\, al^2 = ma \,.\, 1000\ l_1\ P_0\ u \log u$$

et

$$u \log u = \frac{zl^2}{ml_1\ P_0} \qquad (13)$$

On peut facilement calculer u à l'aide des tables des logarithmes hyperboliques, et déduire y de la relation $u = \frac{l_1 + y}{l_1}$.

Soit, par exemple, $N = 0{,}17 \,.\, 1000\ al$ correspondant à la valeur de $z = 0{,}17$. On aura, pour une machine à pleine pression (4,5 kilog. effectifs par centimètre carré), sans pompe à air :

$$0{,}17 \,.\, 1000 \,.\, al \times l = 1{,}31 \,.\, a \,.\, l_1 \,.\, P_0\ u \log u.$$

Supposons l'espace nuisible égal à $\frac{1}{20}$ du volume utile du cylindre,

ou $l_1 = 0{,}05\ l$ et la pression P_0 égale à une atmosphère ou à 10330 kil. par mètre carré. On trouvera

$$0{,}17 \ .\ 1000 \ .\ l = 1{,}31 \ .\ 0{,}05 \ .\ 10330 \ .\ u \log u$$

ou $$u \log u = \frac{l \ .\ 170}{676{,}615}$$

et pour $l = 3$, $u \log u = \dfrac{510}{676{,}615} = 0{,}754.$

et par conséquent $u = 1{,}60$

on a donc

$\dfrac{P_1}{P_0} = 1{,}60$ et $P_1 = 1{,}60$ atmosph. De $1{,}60 = \dfrac{0{,}15 + y}{0{,}15}$

on tire $$y = (1{,}60 - 1),\ 0{,}15 = 0^m{,}09.$$

Ainsi la soupape d'équilibre ne sera fermée qu'à $0^m{,}09$ de l'extrémité de la course et la compression ne dépassera pas $1^{at}, 6$.

Si la pression d'équilibre P_0 était maintenue égale à la pression d'admission diminuée seulement d'une quantité égale à la contrepression du condenseur pour tenir compte des espaces morts, c'est-à-dire égale à $(P - p)$ les équations précédentes resteraient les mêmes, sauf que le second membre, dans l'exemple choisi, serait multiplié par 45,000 et l'on aurait

$$u \log u = \frac{0{,}754}{4{,}5} = 0{,}1676.$$

D'où l'on tirerait $u = 1{,}156$

la pression P_1 deviendrait $4{,}5 \times 1{,}156 = 5^a{,}20$, supérieure, par conséquent, aux résistances; cette pression ferait rebondir la machine si toutefois, la vapeur ne se condensait pas avant de l'atteindre, en restant, comme c'est probable, au maximum de la pression d'admission.

La fermeture se ferait à une distance de l'extrémité de la course donnée par la relation

$$y = (1{,}156 - 1)\ 0{,}15 = 0^m{,}023.$$

En donnant à z une valeur égale à 1 ou faisant $N = 1000\ al$, on trouverait

$$u \log u = l \frac{100000}{1{,}31 \times 5 \ .\ P_0}.$$

et pour $P_0 = 10,330$ et $l = 3$

$$u \log u = \frac{3,000,000}{676,615} = 4,432$$

$$u = 3,52 \text{ et } P_1 = 3^{at},52$$

et $y = 0^m,378.$

Si on supposait la pression d'équilibre de 4,5 atmosphères ou $P_0 = 10330 \times 4,5$ on trouverait

$$u = 1,75$$

$$P_1 = 7,875 \text{ atmosphères}$$

et $y = 0^m,1125$

conditions de pression qui ne seraient nullement pratiques, la vapeur devant se condenser bien avant d'atteindre cette pression, qui, en tous cas, donnerait lieu à des soubresauts violents.

Les mêmes calculs appliqués à une machine à détente, dans les conditions de celle d'Hornu, P représentant la pression motrice moyenne, conduiraient aux résultats suivants :

$$s\,(P-p)\,l = 1,21 \,.\, 1000 \,.\, a \,.\, H \,.\, l$$

et comme $P-p = 2^k,35$ en moyenne par centimètre carré, ou 23500 kil. par mètre carré,

on aura : $s \,.\, 23500 = 1210 \,.\, a \,.\, 50$

$$s = \frac{60500 \,.\, a}{23500} = 2,574 \,.\, a.$$

La pression d'équilibre P_0 est égale à 11000 kil. par mètre carré. Pour $x = 0,17$ on trouvera

$$0,17 \,.\, 1000 \,.\, al \times l = 2,574 \,.\, a \,.\, l_1\, P_0\, u \log u,$$

Pour une course de 4 mètres on peut prendre $l_1 = 0,16 = 0,04\, l$ et l'on aura

$$0,17 \,.\, 1000 \,.\, 4 = 2,574 \times 0,04 \times 11000 \times u \log u$$

$$u \log u = 0,6004$$

$$u = 1,50$$

$$P' = 1^k,65 \text{ par centimètre carré}$$

ou 1,60 atmosphère

et $y = 0^m,08.$

Si l'on prenait $x = 1$, ou l'excédant égal au poids du volume déplacé par le plongeur, on trouverait

$$u \log u = 3{,}53$$
$$u = 3{,}11$$

et l'on aurait une pression $P_1 = 3^k{,}42$ par centimètre carré, bien supérieure à l'effort moyen.

La soupape d'équilibre se fermerait à $0^m{,}337$ de l'extrémité de la course.

On peut donc, sans inconvénient, avoir un excédant modéré du poids des attirails sur les résistances moyennes ; mais cet excédant doit rester entre des limites assez restreintes.

Résumé et conclusions.

Il résulte de l'exposé qui précède que si, dans une machine d'épuisement, on appelle :

a la section des plongeurs;
l la course id.
H la hauteur moyenne d'un étage;
M le poids total mis en mouvement à la descente, divisé par le nombre des étages ou des plongeurs;
n le rapport entre M et le poids moyen statique de la colonne refoulée ou $M = n\ 1000\,aH$;
K l'excédant du poids des attirails sur les résistances au départ;
x le point d'équilibre entre cet excédant et les résistances;
V la vitesse maxima;
V^m la vitesse moyenne;
t la durée de la course descendante;

on aura pour le cas où $K = 1000al$

$$V = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2g \,.\, 1000 \,.\, a}{M}} \qquad (1)$$

Pour $M = 1000\ aH \times n$

$$V = \frac{l}{2}\sqrt{\frac{2g}{Hn}} \qquad (2)$$

Si le haut de la colonne ascensionnelle a une section a' telle que $al = a'l'$ on trouvera pour la vitesse maxima

$$V = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l' + 2ll' - l'}{H.n} \times g.} \qquad (3)$$

La durée de la descente, lorsque $a' = a$, sera donnée par la relation.

$$t = \sqrt{\frac{Hn}{2g}} \text{ arc cos } \left(1 - \frac{2000\,a}{K}\, l\right) \qquad (4)$$

et pour $K = 1000\,al$

$$t = \pi \sqrt{\frac{Hn}{2g}} \qquad (5)$$

Cette durée est indépendante de la longueur de la course.

$$V_m = \frac{l}{t} = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{Hn}} \qquad (6)$$

$$\frac{V_m}{V} = \frac{2}{\pi} = 0{,}637 \qquad (7)$$

Si l'on ajoute un excédant N au poids des attirails, on obtient :

$$V = \frac{1}{2} \left(l + \frac{N}{1000\,a}\right) \sqrt{\frac{2g \cdot 1000 \cdot a}{M}} \qquad (8)$$

Si l'on donne à N une valeur proportionnelle à $1000\,al$, c'est-à-dire si au départ $K = 1000\,al\,(1 + z)$, les formules (2), (4) et (7) deviennent :

$$V = \frac{l}{2}\,(1 + z) \sqrt{\frac{2g}{n\,H}} \qquad (9)$$

$$t = \sqrt{\frac{H \times n}{2g}} \text{ arc cos } \left(1 - \frac{2}{1 + z}\right) \qquad (10)$$

$$\frac{V_m}{V} = \frac{2}{(1 + z) \text{ arc cos } \frac{z - 1}{z + 1}} \qquad (11)$$

Pour des valeurs de z variant de 0 à 1 on trouve que $\frac{V_m}{V}$ varie

entre $\frac{2}{\pi}$ ou 0,637 et 0,725. Mais il y a à faire la correction de la compression de la vapeur dans l'espace mort lorsque z a une valeur supérieure à 0.

En désignant par s la surface du piston-moteur correspondant au travail d'une pompe; par (P—p) la pression moyenne motrice, par P_o la pression de la vapeur au moment où se ferme la soupape d'équilibre, par $l_1 s$ le volume de l'espace mort, par y le chemin à parcourir par le piston au moment où se ferme la soupape d'équilibre, et par C un terme évalué approximativement à 1,18 dans les machines sans pompe à air et à 1,21 dans celles avec pompe à air, on trouve :

$$s = a \cdot 1000 \frac{CH}{P-p} = a \cdot 1000 \cdot m \qquad (12)$$

et

$$\frac{l_1 + y}{l_1} \log \frac{l_1 + y}{l_1} = u \log u = \frac{zl^2}{ml_1 P_o} \qquad (13)$$

qui donne facilement $u = \frac{l_1 + y}{l_1}$ et par conséquent y au moyen des tables des logarithmes hyperboliques.

L'ensemble des données précédentes établit :

1° Que beaucoup de machines d'épuisement peuvent fonctionner sans excédant du poids moteur des tiges sur la moyenne des résistances.

2° Que la durée de la descente, dans ces conditions, *est indépendante de la longueur de la course;*

3° Que la vitesse moyenne dépasse les cinq huitièmes de la vitesse (exactement $\frac{2}{\pi}$ ou 0,637).

4° Que l'effet régénérateur de l'immersion des plongeurs est favorisé par la suppression des bacs et par le redoublement des colonnes, maintenues au diamètre des plongeurs ou à un diamètre inférieur.

5° Que, pour un excédant du poids moteur des attirails équivalent à 0,17 ou 0,18 du poids d'eau déplacé par l'immersion des plongeurs, la compression à la fin de la course ne peut avoir aucun effet nuisible, et la vitesse moyenne dépasse les sept dixièmes de la vitesse maxima.

6° Qu'on peut, par les formules précédentes, calculer, avec une grande facilité les principales circonstances de la course descendante des appareils d'épuisement.

Liége, juin 1872.

VOYAGE

AUX

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

RAPPORT

A M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS [1]

par M. Gustave SCHORN,

INGÉNIEUR DES MINES.

(Suite).

FABRICATION DE LA FONTE.

En général, les hauts-fourneaux des États-Unis ne diffèrent pas essentiellement des nôtres par leur forme ou par leur construction ; les proportions des diverses parties varient suivant les circonstances du travail et surtout d'après la nature du combustible employé. J'ai seulement à signaler la modification introduite vers 1868 dans un certain nombre de fourneaux, d'après le système de M. Lurmann, d'Osnabrück. Cette disposition, qui se rapproche de celle du *flussofen*, consiste dans la suppression de l'avant-creuset ; la poitrine est fermée ; à un niveau correspondant au bas de la tympe est intercalé un bloc en fonte, rafraîchi par une circulation d'eau et percé d'une ouverture circulaire de trois à six centimètres de diamètre. Cette ouverture sert à la décharge des laitiers, qui se fait d'une manière continue ou intermittente, selon qu'ils sont plus ou moins

(1) Voy. t. 31, 2e cahier.

abondants. D'après M. Lurmann, les avantages du système sont les suivants :

Il permet d'établir dans l'embrasure de coulée une tuyère symétrique avec celle d'arrière, et placée au même niveau, ce qui doit rendre plus régulière la marche du fourneau.

Il augmente la production, en dispensant d'arrêter la soufflerie pendant la coulée.

Il diminue la main-d'œuvre, en supprimant le travail dans le creuset.

Les industriels qui avaient adopté ce système se montraient généralement très-satisfaits des résultats obtenus.

Le revêtement intérieur des fourneaux est ordinairement en briques réfractaires; on construit aussi des creusets en pierre; c'est surtout le grès que l'on emploie pour cet usage; le choix des matériaux dépend beaucoup de la situation de l'usine et des ressources que le voisinage présente sous ce rapport.

L'enveloppe extérieure est, dans la plupart des cas, en maçonnerie; on voit aussi des fourneaux dont la chemise est maintenue par une enveloppe en tôle; le haut-fourneau repose alors, soit sur un socle en maçonnerie, soit sur des colonnes en fonte.

Les machines soufflantes appartiennent à un grand nombre de systèmes différents, et il serait impossible d'en dire quelque chose de général; je me réserve de donner quelques indications sur ce sujet en parlant des divers établissements que j'ai visités.

Les dispositions adoptées pour l'élévation des charges au gueulard varient aussi beaucoup d'un établissement à l'autre; on retrouve tous les systèmes connus en Belgique; je décrirai plus loin deux appareils particuliers.

Les gaz qui se dégagent des fourneaux sont presque toujours utilisés pour produire de la vapeur et pour

chauffer l'air de la soufflerie. Le travail à l'air froid n'est plus guère usité que pour certains hauts-fourneaux au bois qui produisent des fontes, soit de moulage, soit d'affinage, de qualité tout-à-fait supérieure. Les fontes à l'air froid (*cold blast iron*) sont recherchées pour certains usages spéciaux, par exemple la coulée des roues de wagons et la fabrication des fils de fer destinés à la construction des ponts suspendus.

La prise de gaz se fait ordinairement d'une manière très-simple ; souvent le gueulard est absolument ouvert ; quelquefois il est muni d'un obturateur formé d'une trémie conique avec un bouchon en tôle qu'on laisse descendre pour l'introduction des charges. Dans beaucoup de fourneaux il y a simplement un cylindre en tôle qui plonge un peu dans les charges, et autour duquel règne un espace vide où se rassemblent les gaz.

Voici quelques indications relativement aux appareils dits « *hot-blast* », qui servent à chauffer l'air au moyen des gaz des fourneaux.

Dans quelques usines l'air circule dans un serpentin formé d'une série de tuyaux horizontaux disposés en plusieurs rangées superposées et enfermés dans une grande chambre en maçonnerie où viennent brûler les gaz du fourneau.

Un des appareils les plus répandus se compose de deux tuyaux horizontaux reliés par une série de tuyaux en forme de V renversé, disposés dans des plans verticaux parallèles.

A l'usine de Catasauqua on emploie des tuyaux en fonte de section elliptique, en forme de fer à cheval, implantés sur des caisses horizontales (fig. 20 et 21, Pl. VI). Un appareil se compose de dix caisses portant chacune dix tuyaux en fer à cheval. Les caisses sont divisées en deux compartiments longitudinaux par des

cloisons verticales ; l'air froid pénètre dans un compartiment de la première caisse, passe par les tuyaux verticaux dans le second compartiment, de là dans le premier compartiment de la seconde caisse, et ainsi de suite. Les gaz des fourneaux sont brûlés dans une galerie voûtée ménagée sous la chambre qui contient les tuyaux ; les produits de la combustion passent dans cette chambre par une série de rainures débouchant entre les caisses.

L'appareil Pollock se compose aussi d'une série de tuyaux en V renversé implantés sur deux tuyaux horizontaux, mais la circulation de l'air a lieu d'une manière tout autre que dans le système ordinaire. Les fig. 18 et 19, Pl. VI, représentent la coupe transversale et une partie du plan de cet appareil. Les tuyaux horizontaux sont, comme à Catasauqua, divisés en deux compartiments dont l'un est partagé en deux par une cloison placée au milieu. Les deux branches du V renversé ne communiquent pas entr'elles ; elles s'appuyent simplement l'une contre l'autre au sommet. Chacune d'elles est divisée par une cloison longitudinale en deux compartiments correspondant à ceux de la caisse horizontale ; cette cloison est interrompue au sommet, pour mettre les deux compartiments en communication. La marche de l'air, indiquée par des flèches sur la figure, est la suivante :

L'air froid est amené dans la première moitié d'un compartiment de la caisse horizontale, s'élève dans les tuyaux qui la surmontent par un côté et redescend par l'autre, pour gagner le second compartiment ; de là il repasse dans la seconde partie du premier compartiment, et est ensuite lancé dans le fourneau.

M. Ferguson, de Brady's Bend, a modifié cette disposition. Son appareil (fig. 22, 23, 24, Pl. VI), se compose de sept caisses horizontales, parallèles entre

elles, portant chacune sept tuyaux droits, cloisonnés comme dans l'appareil Pollock, et placés verticalement. Ces caisses reposent par leurs extrémités sur deux autres caisses horizontales disposées transversalement et servant l'une à l'entrée, l'autre à la sortie de l'air. Tout l'appareil est enfermé dans une chambre en maçonnerie dont l'aire est percée, dans les intervalles des sept caisses horizontales, de rainures pour l'introduction des gaz.

Les appareils à chauffer l'air sont très-souvent installés au niveau du gueulard, sur la plate-forme du haut-fourneau ou sur des voûtes qui relient les hauts-fourneaux entr'eux.

Avant d'aborder la description des établissements que j'ai visités, je dois dire quelques mots d'un procédé employé à Reading, dans un haut-fourneau à l'anthracite ; il consistait à introduire dans le fourneau une certaine quantité d'hydrogène, en vue d'éliminer plus ou moins complétement le soufre et le phosphore contenus dans le minerai ou dans le combustible. L'hydrogène était préparé dans un tube en fonte installé dans un compartiment pris sur l'appareil à chauffer l'air; ce tube, contenant trois barils (soit 1 $^1/_2$ hectolitre) de copeaux de fer, et autant de charbon de bois — quantités qui devaient suffire pour un an — était maintenu à la température rouge, et on y faisait passer un jet de vapeur d'eau venant des chaudières. Je suis porté à croire que l'on n'obtenait guère d'hydrogène dans ces conditions, et que l'opération revenait à une introduction de vapeur d'eau surchauffée dans le fourneau ; c'est ce qui se fait à Catasauqua d'une manière plus simple ; les tuyaux de conduite du vent sont disposés de manière à pouvoir y injecter à volonté de la vapeur d'eau venant des chaudières, qui est surchauffée en passant par l'appareil à air chaud. Au haut-fourneau de Reading le

produit de l'appareil à hydrogène était introduit constamment à trois mètres sous le gueulard; on faisait, en outre, à deux mètres au-dessus des tuyères, une injection intermittente, par périodes de trois quarts d'heure, séparées par des intervalles d'une heure et demie. Cette opération exerçait, paraît-il, une heureuse influence sur la qualité de la fonte, obtenue par le traitement d'un minerai assez sulfureux.

Les hauts-fourneaux des États-Unis peuvent se diviser en quatre catégories, suivant les combustibles qui servent à leur alimentation et qui sont : le charbon de bois, le coke, l'anthracite et la houille.

HAUTS-FOURNEAUX AU BOIS.

La quantité de fonte au bois produite aux États-Unis est relativement considérable. On ne peut assigner comme siége de cette industrie une région particulière; elle se pratique là où on trouve du minerai de fer et où le bois est en abondance, c'est-à-dire à peu près partout.

Les hauts-fourneaux au bois sont généralement d'assez petites dimensions; cependant, j'ai vu à Ringwood (New-Jersey), un fourneau de 15 mètres de hauteur, où l'on fondait le minerai magnétique exploité dans la localité.

Voici quelques données relatives à la fabrication de la fonte au charbon de bois :

A Iron mountain (Missouri), il existait deux hauts-fourneaux, ayant 11 mètres de hauteur et 2^{m},75 de diamètre au ventre. L'un d'eux marchait à l'air froid; pour l'autre l'air était chauffé à une température de 200 à 260 degrés centigrades. La pression du vent était de 15 à 20 centimètres de mercure et s'élevait quelquefois à 26 centimètres.

On traite le minerai du pays avec une addition de 10 p. °/₀ environ de castine ; le rendement en fonte va de 56 à 60 p. °/₀ ; la consommation de combustible par tonne de fonte produite est de 1100 à 1200 kilog., à frs 3 40 les 100 kilog.

La production était respectivement de 15 et de 20 tonnes par jour et par fourneau ; elle se composait principalement de fonte de moulage, dite n° 1 ; on produisait aussi des fontes grises d'affinage n°s 2 et 3, très-recherchées pour la fabrication de l'acier. La fonte se vendait en moyenne 175 frs les 1000 kilog.

L'usine de Freedom, à Lewistown (Pennsylvanie), comprend quatre hauts-fourneaux dont deux étaient en activité ; ils étaient primitivement destinés à fournir la fonte nécessaire aux foyers d'affinage de l'établissement ; le nombre de ces foyers est devenu très-restreint, depuis qu'on a monté une fabrique d'acier Bessemer, qui consomme une grande partie de la fonte produite.

Les fourneaux ont 10^m,65 de haut et 2^m,30 de diamètre au ventre ; les creusets sont en grès et durent douze à quinze mois ; la chemise, en briques réfractaires, a une durée de cinq à six ans.

L'air de la soufflerie, sous pression de 0^m,06 à 0^m,08 de mercure, est chauffé à 200° ; il est lancé dans le fourneau par deux tuyères de 75 millimètres de bec.

Le minerai traité est exploité dans les environs de l'usine ; c'est une limonite contenant 40 à 50 p. °/₀ de fer, 0,03 p. °/₀ de phosphore et 0,25 p °/₀ de soufre. On la fond avec une addition de 20 p. °/₀ de castine.

La production journalière était, pour chaque fourneau, de 15 à 16 tonnes, moitié en fonte grise, moitié en fonte blanche ou truitée ; la première était préférée pour la conversion en acier.

Le charbon de bois coûtait frs 7 50 à 8 00 le mètre

cube ; la consommation était de 3 à 3 $^1/_2$ mètres cubes par tonne de fonte blanche et s'élevait jusqu'à 4 $^1/_4$ mètres cubes pour la fonte grise.

Voici, d'après le major Brooks, quelques renseignements sur la production de la fonte au lac Supérieur :

Il y existait en 1868 treize hauts-fourneaux au bois, dont huit étaient en activité ; les cinq autres, de construction récente, n'avaient pas encore été mis à feu. Les prix de revient comparatifs des divers combustibles étaient :

Bois (hêtre, érable, bois résineux) .	frs	5 25 à 6 00 le mètre cube.
Charbon de bois (mêmes essences).	»	1 30 l'hectolitre.
Houille de Mahoning	»	19 00 la tonne.
Anthracite de Pennsylvanie . . .	»	32 00 »

La production de fonte au bois en 1867 s'est élevée à 30,000 tonnes environ. Le prix de revient s'établissait en moyenne comme suit :

Minerai	frs	28 00
Combustible	»	57 00
Main-d'œuvre, frais généraux, etc.	»	30 00
Par tonne de fonte produite :	frs	115 00

En ajoutant à ce chiffre 30 à 35 francs pour frais de transport, etc., on trouve que la tonne de fonte au bois, rendue au lieu de consommation, revient à environ 150 francs par tonne, non compris le bénéfice du producteur.

D'après des chiffres qui m'ont été fournis par le propriétaire d'une fonderie de Pittsburg, la fonte au bois se vendait, dans cette localité, de frs 18 70 à frs 24 30 les cent kilogrammes. Ce dernier prix est celui de la fonte à l'air froid employée pour la fabrication des roues de wagon. Les fontes produites au moyen des combustibles minéraux, en employant l'air chaud, se vendaient de 15 à 18 francs.

HAUTS-FOURNEAUX AU COKE.

La fabrication de la fonte au coke se concentre principalement dans le bassin de Pittsburg. Les hauts-fourneaux que j'ai vus dans ce bassin se rapprochent des nôtres par leur forme et leurs dimensions. Ils ont ordinairement de 13 à 15 mètres de hauteur et un diamètre au ventre de $4^m,00$ à $4^m,25$. La production d'un fourneau dépasse rarement 30,000 kilog. par jour.

La plupart des établissements traitent, en totalité ou en grande partie, les minerais du pays, notamment les carbonates du terrain houiller. Parmi les minerais importés, c'est l'oligiste du lac Supérieur dont l'usage paraît être le plus fréquent; en effet, Pittsburg n'est, par chemin de fer, qu'à 50 lieues de Cleveland, où la navigation des lacs verse la plus grosse part des minerais de Marquette.

La quantité de coke consommée dépend des circonstances; on peut, je crois, admettre qu'elle est, en moyenne, de 1700 à 1800 kilog. par tonne de fonte produite. Il m'a paru qu'en général le coke employé laisse à désirer sous le rapport de la dureté, de la compacité et de la grosseur des morceaux, ce que l'on peut attribuer au mode de fabrication dont j'ai parlé.

La pression de l'air lancé dans les fourneaux varie dans des limites trop étendues pour pouvoir indiquer des chiffres d'uue manière générale; quant à la température, elle n'est généralement pas connue avec exactitude; on peut l'évaluer à 300 ou 350 degrés centigrades, ou davantage.

HAUTS-FOURNEAUX DE BRADY'S BEND.

L'usine de Brady's Bend se compose de trois hauts-fourneaux au coke et d'un laminoir à rails. L'un des

fourneaux marchait autrefois au charbon de bois ; il a $13^m,40$ de hauteur, $3^m,35$ de diamètre au ventre ; trois tuyères, de $0^m,09$ de diamètre, y lancent l'air sous une pression de 10 centimètres de mercure et à une température de 175°. Il existait un second haut-fourneau au bois, qui a été approprié pour la calcination de la castine.

Les deux autres fourneaux, construits pour le traitement au coke, sont de plus grandes dimensions. Leur profil est représenté par la figure 25, pl. X. L'épaisseur du revêtement intérieur, tout entier en briques réfractaires, est de $0^m,90$ pour les parois du creuset, $0^m,60$ en moyenne pour les étalages, et $0^m,45$ pour la cuve, qui est indépendante du reste du revêtement. A l'époque où j'ai visité l'usine, la chemise de l'un des fourneaux n'avait pas été renouvelée depuis 18 ans ; les campagnes pouvaient durer jusqu'à cinq ans.

La poitrine des deux grands fourneaux est fermée, d'après le système de M. Lurmann ; cette modification a permis de supprimer deux ouvriers par poste de douze heures. Le droit de brevet était fixé à 570 francs par pied ($0^m,305$), de diamètre au ventre.

Le nombre des tuyères est de quatre, symétriquement disposées ; elles ont $0^m,10$ de diamètre au museau. La pression du vent est de $0^m,155$ de mercure ; l'air est chauffé vers 350 ou 400 degrés centigrades.

Le gueulard est entièrement fermé par une trémie et un obturateur conique suspendu à l'extrémité d'un levier que l'on manœuvre au moyen d'engrenages et d'une manivelle. La prise de gaz se fait latéralement, par des ouvertures percées dans la maçonnerie du fourneau.

On traite le carbonate du terrain houiller, exploité sur place ; on le calcine en meules qui contiennent jusqu'à 30,000 tonnes ; cette opération, qui fait perdre

au minerai un tiers de son poids, dure dix à douze jours ; la consommation de charbon est de 10 p. °/₀ du poids du minerai.

La production est généralement en fonte blanche, préférée pour la fabrication des rails ; le laitier est d'une couleur brune très-foncée ; on employait par tonne de fonte :

2,500 k^os de minerai calciné.
250 — de scorie de puddlage.
300 — de chaux vive
et 1,800 — de coke.

Chacun des grands fourneaux donnait par jour, en moyenne, 22,000 k^os de métal.

HAUTS-FOURNEAUX ELIZA, A PITTSBURG.

Ces hauts-fourneaux, au nombre de deux, appartiennent à MM. Jones, Laughlin et C°, propriétaires d'un des plus grands laminoirs de Pittsburg « *American iron works,* » dont j'aurai l'occasion de parler plus loin.

La fig. 26, pl. X, donne le profil des fourneaux ; le creuset, l'ouvrage et la partie inférieure des étalages sont construits en grès réfractaire coûtant, rendu à l'usine, 130 francs le mètre cube. La chemise est formée de deux rouleaux concentriques de briques réfractaires, de 0^m 30 et 0^m,23 d'épaisseur. Ces briques ont la forme de trapèzes, dont les proportions sont calculées sur le diamètre moyen ; elles ont 0^m,10 de largeur à la petite base, et 6 ½ centimètres d'épaisseur. Bien que la chemise soit indépendante des étalages, elle n'avait jamais duré qu'une campagne, ce qu'on attribuait à l'introduction des charges dans les orifices de prise de gaz, situés à 3 mètres sous le gueulard.

Dans la dernière reconstruction, ces orifices avaient été relevés, et placés à 0^{m},45 seulement du gueulard, dans l'espoir d'arriver à conserver la chemise pendant plusieurs campagnes consécutives. Le creuset, de forme carrée, porte trois tuyères.

Il existait pour les deux fourneaux deux machines soufflantes (fig. 32, pl. X), composées chacune d'un cylindre à vapeur horizontal et de deux cylindres soufflants verticaux. Le cylindre à vapeur attaque l'arbre du volant par l'intermédiaire d'un pignon et d'un engrenage; sur cet arbre sont calées deux manivelles à angle droit; chacune commande un balancier à l'autre extrémité duquel s'attache la tige d'un piston soufflant. Les cylindres à vapeur ont 0^{m},91 de course, 0^{m},46 et 0^{m},51 de diamètre respectivement; les cylindres soufflants de l'une des machines ont 1^{m},12, ceux de l'autre 1^{m},22 de diamètre; la course des pistons est, pour toutes les deux, de 1^{m},50. Le volant fait environ 15 tours par minute. La pression du vent est de 21 à 22 centimètres de mercure.

Les charges sont élevées au niveau du gueulard sur des plates formes guidées, suspendues à une chaîne qui passe sur une poulie de 2^{m},75 de diamètre. Un pignon denté, de 0^{m},60 de diamètre, calé sur l'axe de la poulie, engrène avec une crémaillère qui forme le prolongement de la tige du piston d'un cylindre à vapeur vertical. La course de ce piston étant de 2^{m},75, il suffit d'une pulsation simple, alternativement dans les deux sens, pour faire monter et descendre les cages de la quantité voulue (fig. 17, pl VI).

On traitait, en mélange, l'oligiste du Missouri et l'oligiste du lac Supérieur; ces minerais, rendus à l'usine, coûtaient, le premier 44 frs, le second, 38 francs les 1000 k^{os}; ils rendaient au fourneau 60 p. °/₀ de fonte. On ajoutait dans le lit de fusion 10 p. °/₀ de crasses de

laminoir, préalablement calcinées, et 38 p. °/₀ de castine. La consommation de coke par 1000 kilogrammes de fonte était de 24 hectolitres, soit environ 1,500 k^{os}.

La production était d'un peu moins de 32 tonnes par jour et par fourneau, en fonte légèrement ***red-short***.

HAUTS-FOURNEAUX DE JUNIATA IRON WORKS.

L'usine de ce nom, appartenant à MM. Shoenberger et Blair, à Pittsburg, se compose d'une fabrique de fer et de deux hauts-fourneaux au coke. Ceux-ci ont $13^m,70$ de hauteur totale, et $4^m,00$ de diamètre au ventre. La poitrine est fermée ; le creuset, de forme circulaire, a $1^m,75$ de diamètre ; sept tuyères, de 50 à 75 millimètres de bec, sont réparties uniformément sur les sept-huitièmes de la circonférence. Le diamètre du gueulard est de $1^m,80$ pour l'un des fourneaux et $2^m,60$ pour l'autre. La pression sous laquelle l'air était lancé dans les fourneaux variait de 8 à 18 centimètres de mercure.

La nature des minerais employés était très-variable; le mélange se composait pour les trois quarts environ de minerai carbonaté du pays ; pour l'autre quart, on a employé successivement des minerais du lac Supérieur, du Missouri, du New-Jersey et du Canada. Souvent on ajoutait au mélange 75 p. °/₀ de son poids de scorie de puddlage. Le tout donnait en moyenne un rendement d'environ 50 p. °/₀. La quantité de castine employée comme fondant était de 30 à 40 p. °/₀ du poids total du minerai et des scories. On ne consommait que 21 hectolitres, soit 1,200 k^{os} de coke par tonne de fonte.

Chaque fourneau donnait par jour 25 tonnes environ de fonte, revenant à frs 12 50 la tonne. Cette fonte était de qualité inférieure ; elle produisait un fer très-rouverin.

HAUTS-FOURNEAUX DE JOHNSTOWN.

L'usine établie à Johnstown (localité située sur le chemin de fer de Pennsylvanie, à 20 lieues à l'est de Pittsburg), sous le nom de « *Cambria iron works* » est, je crois, le plus grand laminoir à rails des États-Unis.

Il y existait en 1869 trois hauts-fourneaux en activité; on en construisait un quatrième. La hauteur de ce dernier est de $21^{m},35$ et son diamètre, de $1^{m},80$ au creuset, $4^{m},60$ au ventre, $2^{m},15$ au gueulard. Le creuset, de forme circulaire, est en grès; tout le reste du revêtement est en briques réfractaires; la chemise, de $0^{m},45$ d'épaisseur, est construite jointive avec la maçonnerie d'enveloppe. Le fourneau devait recevoir six tuyères, placées deux à deux en trois embrasures.

Les trois fourneaux en activité avaient 15 mètres de hauteur et $4^{m},25$ de diamètre au ventre. L'air, sous pression de 18 centimètres de mercure, y était lancé par trois ou par quatre tuyères, la quatrième étant placée au-dessus de la tympe.

On traitait le minerai carbonaté du terrain houiller; le rendement n'était que de 25 à 30 p. °/₀ du poids du minerai calciné, et la production journalière de chaque fourneau, de 22,000 k^{os}.

Le charbon exploité à Johnstown est très-sulfureux; il en résulte que la qualité de la fonte produite laisse à désirer. La même société activait à quelques lieues de Johnstown trois autres fourneaux, qui traitaient le « *fossil ore,* » ou minerai oligiste du pays, d'une teneur de 40 °/₀, et produisaient un métal beaucoup meilleur. Les deux qualités, désignées par les noms de « *common iron,* » et de « *best iron,* » étaient employées concurremment pour la fabrication des rails.

HAUTS-FOURNEAUX A L'ANTHRACITE.

La fabrication de la fonte à l'anthracite a pris un grand développement dans la partie orientale de la Pennsylvanie, siége de la production de ce combustible; elle se pratique aussi dans les États de New-York, New-Jersey, Maryland et Massachussetts.

L'anthracite est employé pour l'alimentation des hauts-fourneaux sous forme de gaillette du plus gros échantillon, dite « *furnace lump;* » les morceaux peuvent cuber moyennement 5 à 10 décimètres. Comme je l'ai déjà dit, ce combustible est très compact; il ne se délite ni ne décrépite au feu et produit en brûlant une température très-élevée.

Les hauts-fourneaux à l'anthracite se distinguent généralement des hauts-fourneaux au coke par des dimensions plus grandes en diamètre et par une forme plus droite de la cuve. La pression et la température du vent sont plus élevées; la production par fourneau est aussi un peu plus grande, sans atteindre, cependant, un chiffre bien considérable.

HAUTS-FOURNEAUX DE SCRANTON.

L'usine de Scranton (bassin de Wyoming) appartenant à la Cie *Lackawanna iron and coal*, comprend quatre hauts-fourneaux à l'anthracite. Les dimensions principales de ces fourneaux, dont l'un est représenté en coupe verticale par la fig. 27, pl. X, sont les suivantes :

Hauteur totale.	mètres.		15 25
Id. du creuset et de l'ouvrage	»		2 10
Id. des étalages	»	4 60 à	5 50
Id. de la cuve	»	4 80 à	5 60
Diamètre à la hauteur des tuyères	»	3 05 à	3 35
Id. au ventre	»	5 20 à	5 50
Id. au gueulard	»	2 45 à	3 35

Le creuset est de forme circulaire ; les tuyères, placées dans trois embrasures, à une hauteur de 1m,10 à 1m,20 au-dessus du fond du creuset, sont au nombre de neuf ; on en ajoute quelquefois une dixième, placée sur le devant, à un niveau plus élevé. Dans certains cas, pour activer la production, le nombre des tuyères a été porté à dix-huit

A part le creuset, que l'on construit quelquefois d'un grès exploité dans les environs de Scranton, et la damme, qui est en fonte, protégée par un plaquage d'argile, le revêtement intérieur est tout en briques réfractaires de Newark (New-Jersey), coûtant frs 160 le mille. Le fond du creuset a 0m,80 d'épaisseur et repose sur une fondation en pierres. La cuve est formée d'une chemise intérieure (*inwall*), de 0m,40 d'épaisseur; elle est construite d'une pièce avec les étalages et le creuset, et renouvelée après chaque campagne, dont le terme est de trois ans à trois ans et demi. A partir du pied des étalages, elle est entourée d'une seconde chemise (*backwall*), en briques réfractaires, de 0m,20 à 0m,25 d'épaisseur, qui dure pendant plusieurs campagnes. Un corroi de 0m,15 d'épaisseur isole le revêtement intérieur du massif carré, en maçonnerie ordinaire, qui forme l'extérieur du fourneau.

Les gaz sont recueillis par des bouches percées dans les parois du fourneau à une hauteur de 3m,00 à 3m,50 en-dessous du niveau du gueulard ; ils sont conduits, d'un côté à l'appareil à chauffer l'air, de l'autre au massif des chaudières, établis sur la plate-forme du gueulard et pourvus de cheminées dont le tirage détermine l'appel des gaz. Le gueulard reste entièrement ouvert.

Il y a pour chaque fourneau une machine soufflante, verticale à balancier, avec condensation (fig. 33, pl. X). Le piston soufflant est attelé à une extrémité

du balancier ; à l'autre extrémité s'attachent les bielles qui commandent un double volant. Le piston à vapeur attaque le balancier à une petite distance en-dedans de la bielle. Les cylindres à vapeur ont $1^m,40$ à $1^m,50$ de diamètre, les cylindres à vent $2^m,45$ à $2^m,50$ de diamètre ; la course est de 3 mètres. Le nombre de coups doubles par minute varie de 9 à 15.

L'air est ordinairement comprimé à une pression mesurée par une colonne de mercure de $0^m,235$; cette pression peut être portée au besoin à $0^m,365$, et a même atteint, dans certaines circonstances, $0^m,415$.

On traitait deux variétés de minerai magnétique du New-Jersey ; en voici la composition :

	MOUNT HOPE	TAYLOR VEIN
Oxyde ferroso-ferrique. . .	91 620 p. %	83 860 p. %
Silice	3 390	5 832
Chaux	1 470	4 900
Magnésie	0 420	0 852
Alumine	2 770	3 340
Oxyde de manganèse . . .	0 270	0 160
Soufre.	0 015	0 076
Acide phosphorique . . .	0 175	0 670

Le mélange rendait au fourneau 50 à 55 p. % de fonte ; le minerai de Mount-Hope, bien que plus riche et de meilleure qualité que celui de Taylor vein, n'y entrait que pour un cinquième. On employait comme fondant une proportion de castine de 45 à 55 p. % du poids du minerai traité. La consommation d'anthracite était de 1600 à 1800 k^{os} par tonne de fonte.

La production étant destinée à la fabrication des rails, on cherchait à obtenir autant que possible de la fonte blanche, mais la nature du métal variait avec la qualité du minerai ; on obtenait généralement des fontes blanches plus ou moins truitées et quelquefois des fontes grises. Le laitier était vitreux, de couleurbleue ou brunâtre.

La production était moyennement de 32,000 k^{os} par jour et par fourneau. Dans certains cas, ce chiffre a été dépassé de beaucoup; on m'a rapporté que l'un des fourneaux, pendant une période assez longue, a donné un rendement moyen de 49,000 k^{os} de fonte par jour, le fourneau marchant avec dix-huit tuyères et une pression du vent de $0^m,365$ de mercure.

HAUTS-FOURNEAUX DE CATASAUQUA.

La Compagnie *Lehigh coal and navigation* est propriétaire de deux groupes de hauts-fourneaux à Catasauqua et à Hokendauqua. Ces deux localités voisines sont situées sur la rivière Lehigh, à 8 lieues en aval de Mauch-Chunk. C'est principalement de l'usine de Catasauqua que j'ai à parler; lorsque je l'ai visitée, il y existait cinq fourneaux en activité et un en construction; à Hokendauqua, il y en avait cinq en activité et trois en construction.

On remarque une grande diversité dans la forme et les dimensions des fourneaux; leurs hauteurs respectives sont de $12^m,00$, $13^m,70$ et $16^m,75$, et leurs plus grandes dimensions en diamètre :

Au gueulard	$3^m,05$
Au ventre	$5^m,20$
Au creuset	$3^m,20$

La figure 28 (pl. X) représente le profil de l'un des fourneaux, remis à feu depuis peu de temps; on y avait appliqué le système Lurmann; les autres fourneaux étaient à poitrine ouverte et à avant-creuset.

Le revêtement intérieur des fourneaux est entièrement en briques réfractaires; ces briques, provenant de la côte du New-Jersey, coûtaient 190 francs le

mille. La maçonnerie des étalages est indépendante de celle de la chemise; on donnait à cette dernière une épaisseur de $0^m,40$ à $0^m,80$.

La figure 29 représente le profil du nouveau fourneau; sa hauteur totale est d'un peu plus de 18 mètres. La chemise a $1^m,20$ d'épaisseur; au-dessus des bouches de prise de gaz, placées à $2^m,50$ sous le gueulard, elle est formée de blocs de fonte, garnis intérieurement de briques réfractaires, et débordant les unes sur les autres, en gradins renversés, pour donner à la paroi la pente voulue.

Ce fourneau devait porter onze tuyères, deux à la poitrine et trois dans chacune des autres embrasures.

Les chaudières à vapeur et les appareils à air chaud sont placés au-dessus des fourneaux; chaque massif de chaudières a une cheminée de $1^m,80$ de diamètre et de 18 mètres de hauteur pour appeler les gaz du fourneau. Les chaufferies n'ont que de courtes cheminées d'échappement. L'orifice de trois des fourneaux était entièrement libre; aux deux autres, il était garni d'un cylindre collecteur plongeant dans les charges.

Il y a une machine soufflante pour chaque fourneau; elles sont de la même disposition qu'à l'usine de Scranton (fig. 33); la plus forte a $1^m,70$ de diamètre au piston soufflant et $3^m,00$ de course. Le nombre de coups doubles par minute est de quinze.

La pression de l'air variait de $0^m,31$ à $0^m,39$ de mercure; elle a été portée dans certains cas jusqu'à $0^m,50$. Ces pressions élevées étaient rendues nécessaires par l'état pulvérulent d'une partie du minerai. La température de l'air était de 425 à 480 degrés centigrades à Catasauqua et de 700° à Hokendauqua.

On traitait un mélange composé de :

$^5/_8$ de limonite, terreuse et menue, exploitée sur place.

$^1/_8$ de minerai magnétique du pays.
$^2/_8$ de minerai magnétique du New-Jersey.

Le mélange rendait en moyenne 38 à 40 p. °/₀ de fonte ; la teneur était d'environ 35 p. °/₀ pour les minerais du pays, et 50 p. °/₀ pour les minerais du New-Jersey. Celui-ci, contenant un peu de soufre, était soumis à la calcination, en tas que l'on arrosait d'eau une fois par jour Le prix de revient moyen du minerai était de 23 francs les mille kilogrammes ; on le traitait avec une addition de castine égale à 60 p. °/₀ de son poids. La consommation d'anthracite, coûtant 17 à 19 francs la tonne, était de 1,850 kos par tonne de fonte.

On distinguait dans le produit quatre variétés, dont voici la désignation et le prix de vente :

Fonte de moulage nº 1, ou X, très-carburée, les °/₀ kil.	frs 1720 à 1765
» » nº 2, ou XX, moyennement carburée.	» 1600 à 1680
» d'affinage grise	» 1510 à 1600
» » blanche ou nº 3	» 1385 à 1430

La fonte de moulage est de couleur très-foncée, presque noire ; elle est formée de gros grains cristallins ; on cherchait à en faire le plus possible ; en général, un quart à un cinquième de la production était en affinage.

La production moyenne, par jour et par fourneau, était de 25 à 26 tonnes. La quantité de fonte variait suivant sa nature; en une semaine le grand fourneau avait produit un chiffre de 250 tonnes, dont les quatre cinquièmes étaient de la fonte de moulage nº 1 et dans une autre semaine 235 tonnes, tout en moulage. L'application du procédé Lurmann à l'un des fourneaux paraît avoir eu pour résultat une augmentation notable de la production, qui aurait été portée de 23,300 à 27,000 kilog. par jour.

HAUTS-FOURNEAUX DE BETHLEHEM.

L'usine à fer de Bethlehem, ville située sur le Lehigh à peu de distance de Catasauqua, comprend trois hauts-fourneaux dont voici les dimensions principales :

Hauteur totale	13^m,70 et 15^m,25
Diamètre au ventre	4^m,60 et 4^m,25
» au creuset	2^m,15

On emploie la machine soufflante de MM. Fritz et Moores ; le cylindre soufflant et le cylindre à vapeur sont disposés verticalement et placés côte à côte ; les tiges de leurs pistons sont attelées à une crosse horizontale, guidée par des glissières fixées aux cylindres ; cette crosse se prolonge des deux côtés au-delà de ses guides, pour recevoir l'articulation des bielles qui commandent les deux volants. La pression de l'air varie de 0^m,21 à 0^m,31 de mercure et sa température de 100 à 250 degrés centigrades.

L'élévation des charges se fait au moyen de l'air comprimé, pris au réservoir de la soufflerie. L'air est introduit à la partie supérieure de deux tubes placés verticalement, à peu de distance l'un de l'autre, et régnant sur toute la hauteur du fourneau. Ces tubes, alésés intérieurement sur un diamètre de 0^m,60, contiennent chacun un piston en fonte, avec garniture en cuir, qui est poussé de haut en bas par la pression de l'air. La plate-forme qui porte les charges est placée entre les tubes et guidée par quatre cornières en fer fixées contre leurs parois ; elle est suspendue à deux cordes rondes en fil de fer qui passent sur des poulies placées au haut des tubes et traversent des boîtes à bourrage pour aller s'attacher aux pistons.

On traitait un mélange de 8 à 9 parties de minerai magnétique du New-Jersey avec 16 à 15 parties de

limonite du Lehigh. Le prix de revient de ces minerais était, pour le premier, de frs 26 00 à 30 00 et pour le second de frs 13 00 à 15 00 la tonne. Le rendement du mélange était de 47 $^1/_2$ p. $^o/_o$. La castine était employée comme fondant dans la proportion de 55 p. $^o/_o$ du poids du minerai. L'anthracite coûtait 17 francs la tonne ; on en consommait 1700 kilog. par 1000 kilog. de fonte.

La production moyenne d'un fourneau était de 26 tonnes de fonte par jour.

HAUTS-FOURNEAUX DE TROY.

L'usine à fer de MM. Burden est située près de la ville de Troy, à 2 lieues d'Albany, capitale de l'État de New-York. Il y existe deux hauts-fourneaux à l'anthracite, dont un seul était en activité. Ils ont $15^m,25$ de hauteur et $4^m,90$ de diamètre au ventre ; leur profil est représenté par la fig. 30 de la Pl. X.

La cuve est construite en briques réfractaires de $0^m,23$ de longueur, $0^m,11$ de largeur et $0^m,06$ d'épaisseur, coûtant 170 francs le mille Elle est formée d'une chemise intérieure de $0^m,40$ d'épaisseur et d'une chemise extérieure de $0^m,23$; celle-ci est entourée d'un revêtement en briques ordinaires de $0^m,10$ d'épaisseur, maintenue par une enveloppe en tôle.

Il y a deux machines soufflantes horizontales de $2^m,13$ de course ; le diamètre est de $0^m,97$ pour le cylindre à vapeur et $2^m,13$ pour le cylindre à vent. La tige du piston de celui-ci est en fonte ; elle est creuse et a $0^m,25$ de diamètre extérieur. Le nombre de coups doubles par minute est de 10 environ ; la pression de l'air est de $0^m,245$ de mercure. L'air est chauffé à une température de 450 degrés centigrades en passant par une série de tuyaux en fonte en forme de W renversé,

enfermés dans une chambre, divisée en huit compartiments, où viennent brûler les gaz du fourneau. Chaque compartiment contient douze tuyaux.

On traitait le minerai magnétique du lac Champlain, d'une teneur de 65 p. °/₀ et la limonite de Bennington (Vermont), contenant 55 p. °/₀ de fer et 2 p. °/₀ de manganèse. Ces deux minerais, revenant en moyenne à 20 francs la tonne rendue à l'usine, étaient traités par parties à peu près égales, avec addition de 50 p. °/₀ de leur poids de castine.

La production était d'environ 30 tonnes par jour, et la consommation de combustible de 1700 à 1800 kilog. par tonne de métal. Le produit est classé en cinq catégories : les nᵒˢ 1, 2 et 3 sont des fontes grises, le n° 4 de la fonte truitée, le n° 5 de la fonte blanche. La fonte grise n° 2 était la plus estimée pour le puddlage.

TRAITEMENT A LA HOUILLE CRUE.

La fabrication de la fonte au moyen de la houille crue est circonscrite dans une zône d'une étendue assez restreinte, comprenant la partie nord-est de l'État de l'Ohio et quelques localités dans le nord-ouest de la Pennsylvanie. Le charbon du Mahoning est, en effet, du moins jusqu'à présent, le seul charbon bitumineux des États-Unis qui puisse être consommé à l'état cru dans les hauts-fourneaux.

Comme je l'ai déjà dit, ce charbon, bien qu'il contienne, déduction faite des cendres, de 37 à 40 p. °/₀ de matière volatile, ne se boursouffle ni ne colle par la chaleur ; lorsqu'il est exposé au feu, il se divise en feuillets qui s'ouvrent légèrement, ce qui lui permet de brûler avec facilité.

La houille est employée en morceaux très-gros ; la consommation, à production égale, est plus grande que

dans les fourneaux au coke et à l'anthracite, mais, si l'on tient compte de la perte qu'entraîne la fabrication du coke, l'avantage de la consommation reste aux hauts-fourneaux à la houille crue.

La température du gueulard, dans ces fourneaux, est très-élevée ; il s'en dégage une flamme épaisse et fumeuse ; le laitier est gris et ponceux ; un laitier vitreux correspond à la production d'une fonte très-blanche. L'abondance des gaz qui se dégagent permet de les recueillir facilement pour le chauffage de l'air et la production de la vapeur ; aussi n'emploie-t-on aucune disposition spéciale à cet effet ; le gueulard reste entièrement libre. Les gaz contiennent une notable quantité d'hydrocarbure et l'on voit souvent suinter le goudron le long des tuyaux de conduite.

Les hauts-fourneaux à la houille se distinguent par la forme allongée de la cuve, qui est plus étroite que dans les hauts-fourneaux au coke.

Voici quelques renseignements un peu plus détaillés sur les usines que j'ai eu l'occasion de visiter :

WESTERN IRON COMPANY.

L'usine de cette société se trouve à proximité de la ville de Cleveland (Ohio), sur le lac Erie. Un haut-fourneau y était en construction, un autre en activité. La fig. 31, pl. X, en représente le profil. Le creuset est rond et porte cinq tuyères, deux de chaque côté, une à l'arrière. Le nouveau fourneau devait recevoir une sixième tuyère à la poitrine. Les briques réfractaires employées pour le revêtement intérieur coûtaient de 230 à 320 francs le mille.

La pression du vent était de 18 centimètres de mercure ; on chauffait l'air à la température de la fusion du plomb.

On traitait par moitié l'oligiste du Missouri, contenant 70 p. °/₀ de fer et l'oligiste du lac Supérieur, d'une teneur de 67 p. °/₀. Le rendement au fourneau ne dépassait guère 50 p. °/₀ Je dois faire à propos de cet écart élevé une observation qui s'applique sinon à tous, au moins à l'immense majorité des hauts-fourneaux des États-Unis: il n'est pas d'usage d'avoir des chimistes attachés à ces établissements; il en résulte que la teneur et la composition des minerais ne sont en général connues que d'une manière assez vague.

Le minerai était fondu avec 12 $^1/_2$ p. °/₀ de son poids de castine. On produisait par jour environ 22 tonnes de fonte truitée, convenant très-bien pour l'affinage; la consommation de charbon était de 2300 kilog. par tonne de fonte.

Le prix de revient des matières premières était comme suit :

Minerai	frs 38 40	la tonne.
Charbon.	» 11 00	—

La valeur de la fonte, sur place, était de 15 francs aux cent kilog.

HAUTS-FOURNEAUX HINROD, A YOUNGSTOWN.

Deux fourneaux étaient en activité ; on était occupé à en reconstruire un troisième d'après le système Lurmann. Ces fourneaux ont, à peu de chose près, les mêmes dimensions que celui de Cleveland ; ils sont soufflés par six tuyères, réparties en trois groupes de deux. Les machines soufflantes sont au nombre de deux ; le cylindre soufflant et le cylindre à vapeur sont placés verticalement, l'un au-dessus de l'autre. La course des pistons est de $1^m,20$, le diamètre des cylindres à vapeur, de $0^m,76$, celui des cylindres à vent, de $1^m,52$ et $1^m,63$. La pression de l'air était de $0^m,26$ de

mercure et sa température de 370 à 425 degrés centigrades.

On traitait les oligistes du lac Supérieur, d'une teneur de 68 p. °/₀, avec addition de 20 p. °/₀ de scories de puddlage, contenant 42 p. °/₀ de fer et de 40 °/₀ de castine. La consommation de charbon était de 2000 kilog. par tonne de fonte. On distinguait quatre variétés dans le produit :

Fonte de moulage ou n° 1 extra, valant .	frs 18 00 à 18 85	les °/₀ kil.
id. d'affinage grise ou n° 1, valant . .	» 16 00 à 16 75	—
id. id. grise à bordure blanche ou n° 2.		
id. id. blanche ou n° 3, valant. . .	» 14 65	—

Le prix de revient moyen de la fonte était de frs 11 75 par °/₀ kilog.

HAUTS FOURNEAUX DE BROWN, BONNEL ET C[ie], A YOUNGSTOWN.

Les dimensions principales de ces fourneaux, au nombre de deux, sont :

Hauteur	mètres	18,00
Diamètre au ventre . . .	id.	4,90
id. au creuset . . .	id.	2,00

Ils sont tous deux à poitrine fermée ; l'un a six tuyères, disposées sur trois faces, l'autre sept tuyères uniformément réparties. La pression du vent est de $0^m,18$ de mercure ; il y a deux machines soufflantes ; l'une est verticale sans balancier ; la course est de $1^m,52$, le diamètre du piston à vapeur de $0^m,76$, celui du cylindre à vent de $1^m,65$. Le nombre de coups doubles par minute est de 17 à 18.

L'autre machine se compose d'un cylindre à vapeur horizontal et de deux cylindres soufflants, également horizontaux. Le piston à vapeur, de $0^m,46$ de diamètre et de $1^m,22$ de course, fournit 40 coups doubles par

minute; il attaque, par l'intermédiaire d'un pignon et d'une roue d'engrenage dont le rapport est comme 1 à 2, un arbre sur lequel sont calées à angle droit les manivelles qui commandent les pistons soufflants; ceux-ci ont $0^m,91$ de diamètre et $1^m,52$ de course.

On traitait le minerai du lac Supérieur en mélange avec le minerai carbonaté du pays; celui-ci était préalablement calciné; on en trouvait deux variétés : le « *Kidney ore* » ou minerai en rognons qui s'exploite à ciel ouvert et le minerai produit par l'exploitation souterraine d'une couche de $0^m,45$ d'épaisseur. Les minerais du pays étaient employés surtout à cause de leur fusion facile; on en augmentait la dose lorsque l'allure des fourneaux était dérangée

La production de l'un des fourneaux dépassait, m'a-t-on dit, 40 tonnes par jour, mais je ne puis garantir l'exactitude de cette donnée.

FABRICATION DU FER.

Je ne crois pas devoir me livrer à une description circonstanciée des laminoirs que j'ai visités; je n'aurais, dans la plupart des cas, rien de particulier à signaler, ni dans l'installation de l'usine, ni dans le mode de travail; je me bornerai donc à des indications générales en entrant dans quelques détails lorsque ce sera nécessaire.

Les fours à puddler sont construits comme les nôtres; l'armature extérieure se compose souvent de plaques en tôle cannelée, boulonnées entr'elles pour former les revêtements des deux longs côtés du four et réunies, d'une face à l'autre, par des tirants transversaux.

On distingue les fours à puddler simples et les fours doubles; ceux-ci ont deux portes de travail, une de

chaque côté, et deux ouvriers élaborent simultanément une charge double de la charge ordinaire. Ces fours sont adoptés par beaucoup d'usines; ils réalisent une économie de combustible et font gagner de la place.

Les puddleurs font ordinairement six charges, quelquefois cinq seulement pendant le poste de jour, et quatre à cinq charges pendant le poste de nuit, soit en tout dix à onze charges par vingt-quatre heures. La quantité de fonte chargée à la fois dans un four simple varie de 160 à 240 kilog.; elle est le plus ordinairement d'environ 220 kilog.

La sole des fours est faite de scories; les parois sont ordinairement garnies de blocs de minerai de fer ou d'un enduit de minerai pulvérisé; on emploie de préférence, pour cet usage, le minerai magnétique du lac Champlain ou du lac Supérieur; on emploie aussi quelquefois l'oligiste. Dans certains cas, par exemple dans le puddlage pour rails, le revêtement de minerai, dit « *fixing* », est remplacé par de longs blocs d'une pierre à base talcique, connue sous le nom de « *Soapstone.* »

Le rendement des fours à puddler est très-variable; il dépend de la nature et de la qualité de la fonte traitée et aussi de la plus ou moins grande quantité de fer empruntée par l'ouvrier au « *fixing* »; on peut admettre, je crois, que le déchet normal au puddlage est de 8 à 18 p. °/₀; dans ces conditions, la consommation de minerai pour le revêtement peut n'être que de 1 ½ à 3 p. °/₀ de la production de fer; la consommation est généralement au-dessus de ce chiffre, et dans certains cas le rendement du four à puddler est égal au poids de la fonte enfournée.

Au sortir du four à puddler, les loupes passent au « *rotary squeezer,* » ou moulin à loupes. Cet appareil est trop connu pour que j'aie besoin de le décrire. Il

est ordinairement installé à l'extrémité du train ébaucheur, et reçoit son mouvement de celui-ci par l'intermédiaire d'engrenages coniques; quelquefois les engrenages sont disposés de manière à pouvoir à volonté renverser la marche, pour dégager les loupes qui viendraient à se caler. On se sert aussi quelquefois du *squeezer* à mâchoire, dit « *alligator*. » Le marteau pilon n'est employé au cinglage des loupes qu'exceptionnellement, par exemple pour la fabrication des tôles, et quelquefois pour la fabrication des rails. On trouve, au moins c'est ce que m'ont dit plusieurs métallurgistes, que l'action du pilon est trop énergique et ne laisse pas dans le fer ébauché une quantité de scorie suffisante pour assurer la soudure des paquets.

Les trains ébaucheurs se composent presque toujours de trois cylindres superposés (*three-high*) ; les cylindres ont $0^m,45$ à $0^m,50$ de diamètre ; ils font environ 50 tours par minute. Les cannelures des premiers cylindres sont ogivales. Les trains finisseurs sont aussi assez généralement à trois cylindres; les dimensions de ceux-ci varient avec la nature de la fabrication.

Les machines qui activent les trains de laminoirs appartiennent à une grande variété de types ; dans la plupart des nouveaux établissements, les machines sont verticales; le cylindre moteur est placé en l'air sur un bâti pyramidal ou à crinoline; beaucoup de ces machines sont du système Corliss, ou de quelqu'autre système analogue, à détente variable.

La nature du combustible employé, tant dans les fours à puddler que dans les fours à réchauffer, varie avec la situation de l'usine. L'anthracite paraît donner des résultats plus avantageux au point de vue de la quantité consommée ; d'autre part, on lui reproche de produire une flamme oxydante et moins maniable que la flamme de la houille ; aussi ce dernier combustible

est souvent employé, même dans le voisinage des mines d'anthracite, au moins pour les fours à puddler. L'anthracite nécessite l'emploi d'un courant d'air forcé, ordinairement fourni par des ventilateurs à force centrifuge. Lorsqu'on consomme de la houille, les fours sont tantôt à courant d'air libre, tantôt à courant forcé.

Les chiffres qui m'ont été donnés dans diverses usines comme représentant la consommation de combustible sont assez peu concordants ; il en résulterait que le puddlage d'une tonne de fer demande de 900 à 1000 k^{os} d'anthracite, ou bien 1,200 à 1,500 k^{os}, au minimum 1,000 à 1,100 k^{os} de charbon bitumineux. Pour le réchauffage, la consommation de combustible serait à peu près égale à la quantité de fer produite.

Le prix du charbon bitumineux est très-variable ; pour certaines usines, qui l'exploitent elles-mêmes sur place, il ne dépasse pas 3 à 4 francs par tonne. D'autres établissements, qui doivent faire venir de loin leur combustible, le payent jusqu'à 27 francs la tonne. L'anthracite, qui n'est guère employé qu'à de faibles distances des lieux de production, coûte ordinairement de 16 à 21 francs la tonne.

Les ouvriers sont payés d'après la quantité fabriquée ; on payait pour le puddlage frs 20 50 à frs 24 00 et 26 50 et pour le réchauffage, frs 2 25 à 4 75 par tonne ; les lamineurs au train ébaucheur sont assez souvent payés à la journée ; à la tâche, ils recevaient frs 3 00 à 3 25 par tonne. Le prix payé au train finisseur est nécessairement variable avec l'échantillon fabriqué ; il était de frs 3 50 par tonne pour les rails, de frs 4 75 à 8 75 pour les fers marchands ordinaires, et s'élevait jusqu'à frs 18 50 pour certains travaux. En présence de renseignements contradictoires, je ne pourrais indiquer exactement le montant des salaires journaliers des diverses catégories d'ouvriers. D'une

manière générale et approximative, on peut, je crois, admettre les chiffres suivants :

Puddleurs	frs 13 00 à 15 00	par jour.
Train-ébaucheur; lamineurs à marché	10 00	—
Réchauffeurs	15 00	—
Train finisseur. — Chefs lamineurs	20, 25 et 30	francs.
Id. id. Aides-lamineurs	10 à 15	—

Manœuvres en général : frs 4 25 à 7 50 par jour.

PROCÉDÉ ELLISHAUSEN.

J'ai vu essayer, dans l'usine de MM. Shoenberger et Blair, à Pittsburg, un procédé d'affinage de la fonte, imaginé par le major Ellishausen, et qui devait supprimer, ou au moins réduire de beaucoup la main-d'œuvre de puddlage, tout en améliorant la qualité du produit. Ce procédé ne paraît pas avoir réalisé les brillantes espérances qu'il avait fait naître ; je crois cependant devoir exposer en quoi il consistait :

La fonte sortant du haut-fourneau était mélangée intimement avec une certaine quantité de minerai de fer pulvérisé ; le mélange était moulé en blocs, appelés « *pigblooms* » qui, chauffés dans un four à puddler, devaient se transformer en fer sans que l'ouvrier eût à intervenir autrement que pour façonner les loupes.

On employait, pour opérer le mélange, un moule tournant (fig. 39 et 40, pl. XI), composé d'un plateau annulaire en fonte de $4^m,35$ de diamètre à l'intérieur, et $0^m,45$ de largeur, et de deux séries de vingt-deux segments cylindriques en fonte, emboîtés sur les circonférences extérieure et intérieure pour former les parois. La rigole circulaire ainsi formée était divisée en vingt-deux compartiments par des planchettes en bois blanc, calées normalement aux deux parois. Le fond du moule, supporté par huit galets placés sur le

sol, est garni par dessous d'une crémaillère circulaire engrenant avec un pignon mû par une petite machine à vapeur.

Contre le moule se trouve une grue hydraulique dont la plate-forme supporte un pot en tôle, d'une capacité nette d'environ un tiers de mètre cube, suspendu sur des tourillons, et équilibré par un contre-poids. Au-dessus du moule, et en regard du pot, est installé un chenal d'écoulement surmonté d'une caisse servant d'entonnoir; le tout fixé à un pilier en fonte placé en dedans du moule.

Le pot de coulée, la rigole et la caisse-entonnoir sont garnis intérieurement de terre réfractaire et chauffés, préalablement à l'opération, au moyen de braise de bois; le fond du moule est couvert d'une couche de minerai pulvérisé. Le pot, d'abord abaissé au niveau du sol pour recevoir la coulée du haut-fourneau, est ensuite relevé ; le métal liquide qu'il contient est versé dans la caisse-entonnoir, et s'écoule par le chenal en une nappe qui arrive dans le moule dans le sens du mouvement imprimé à celui-ci.

Le minerai employé pour le mélange était l'oxydule magnétique du lac Supérieur; il était pulvérisé, et passé sur une claie de 180 mailles au décimètre carré. Une noria l'amenait dans une trémie en bois placée à une certaine hauteur; de là il s'écoulait par un chenal incliné et venait tomber dans le moule en croisant le jet de fonte liquide. Une petite vanne, placée à l'orifice de la trémie, permettait de régler l'arrivée du minerai dans le moule.

On pouvait faire par poste de douze heures de six à huit opérations; chaque opération consommait 2,300 k^{s} de fonte et 600 k^{os} de minerai ; chacun des blocs obtenus se composait de sept ou huit couches alternatives de fonte et de minerai et pesait environ 125 k^{os}. L'en-

semble des vingt-deux blocs devait rendre environ 2,400 k^{os} d'ébauché. Le personnel suivant était nécessaire pour la préparation des « *pig-blooms* : »

Un mécanicien.

Un homme pour manœuvrer le pot.

Un homme pour régler l'arrivée du minerai.

Un pour surveiller le moule et la marche de l'opération.

Deux ou trois manœuvres, pour aider au montage et au démontage du moule, ainsi qu'à la préparation du pot et des rigoles.

Voici, d'après la théorie de M. Ellishausen, comment la réaction devait se produire lorsque ces blocs étaient soumis à l'action de la chaleur. A mesure que les lits de fonte entraient en fusion, ce métal venait en contact avec les lits de minerai interposés ; l'oxygène du minerai se combinait avec le carbone de la fonte, ainsi qu'avec le silicium et les autres impuretés, et il se produisait du fer malléable et une certaine quantité de scorie formée aux dépens du minerai. Cette action se continuant de proche en proche, l'affinage devait être complet après un simple réchauffage dont la durée n'excédait pas une demi-heure à trois quarts d'heure. Il ne restait plus alors qu'à diviser le bloc en loupes de volume convenable, que l'on traitait par les procédés ordinaires.

Dans la pratique, les choses ne se passaient pas d'une manière tout-à-fait aussi simple. J'ai vu traiter plusieurs « *pig-blooms* ; » il m'a paru que l'affinage, au sortir du four, n'était pas complet, et que le métal manquait d'homogénéité ; toujours est-il que les loupes se brisaient en passant au *squeezer*, et qu'on était obligé, pour parvenir à les laminer, de les remettre au four à puddler et de les brasser pendant un temps plus ou moins long.

Au point de vue de la qualité du produit obtenu, les résultats paraissent avoir été plus heureux : la fonte de l'établissement est assez sulfureuse, et le fer qui en provenait était trop rouverin pour qu'on pût l'employer à la fabrication mécanique des fers à cheval ; au contraire, la même fonte, affinée par le procédé Ellishausen, donnait un fer convenant parfaitement à cet usage.

RAILS.

On retrouve dans tous les laminoirs à rails, au moins dans ceux qui ne datent pas de plus de dix ou quinze ans, et à part certaines modifications d'après l'importance de la fabrication, le même plan général et une disposition à peu près identique de l'outillage. La conception de ce plan, ainsi que de certaines dispositions prises en vue de faciliter les manœuvres et de réduire l'intervention du travail manuel, est attribuée à M. Fritz, directeur de l'usine de Johnstown.

La fig. 41, pl. XI, représente le plan du laminoir de Reading, qui a été établi en 1867, et résume tous les perfectionnements connus à cette date. J'aurai à parler tantôt de certaines particularités du mode de travail adopté à cette usine ; voici, en attendant, un aperçu des dispositions qui sont communes à presque tous les établissements.

Les trains à rails se composent de deux cages comprenant chacune trois cylindres superposés. Les cannelures du dégrossisseur sont carrées ; elles sont ordinairement moins profondes sur le cylindre du milieu que sur les deux autres, afin de corriger à la passe supérieure le défaut de soudure laissé à la passe inférieure, au contact des nervures des cylindres. Les paquets passent de sept à neuf fois au dégrossisseur et cinq ou six fois au finisseur.

Le transport des loupes et des paquets, des fours aux trains, se fait souvent au moyen de chemins de fer en l'air, composés d'une lame plate, placée de champ à 2 mètres ou 2^m,50 au-dessus du sol. Sur ce chemin de fer, pourvu des changements de voie nécessaires, roulent des galets à gorge, à l'axe desquels est suspendue par une chaîne la pince qui sert à saisir les paquets. Ce mode de transport m'a paru moins encombrant que le transport ordinaire par brouettes.

L'introduction des paquets entre les cylindres est facilitée par des rouleaux de grand diamètre, établis du côté de l'entrée; la machine motrice communique à ces rouleaux un mouvement de rotation dans le même sens que celui du cylindre inférieur; la même disposition est souvent appliquée au laminage des fers marchands.

Le rail fini est conduit du laminoir à la scie par deux séries de galets dont la disposition est indiquée par les fig. 34 et 35, pl. X. La première série est fixe; elle se compose de dix ou douze galets, de 0^m,30 de diamètre et 0^m,40 de largeur, espacés de 0^m,90 et supportés deux à deux par des chapes en fonte logées dans le sol; souvent deux ou quatre de ces galets reçoivent, d'une chaîne sans fin ou d'une courroie, un mouvement de rotation qui fait avancer le rail sans qu'on ait à s'en occuper.

La seconde série, formant le prolongement de la première, se compose d'une dizaine de galets établis sur une plate-forme mobile; deux de ces galets sont munis d'un rebord d'un côté, deux autres ont un rebord de l'autre côté; la plate-forme est montée sur deux lignes de roues, et se déplace sur un petit chemin de fer transversal, par le moyen d'une crémaillère et d'un pignon denté, avec embrayage.

En sortant du finisseur, le rail est conduit par les galets fixes sur les galets de la plate-forme; celle-ci est

alors transportée latéralement, et amène le rail en contact avec deux scies circulaires écartées d'une quantité égale à la longueur à donner au rail ; l'une des scies peut se déplacer sur son axe, pour faire varier au besoin cette longueur.

Un petit train est ordinairement établi à proximité des scies pour aplatir immédiatement les bouts de rails, sans les réchauffer. Après l'affranchissage, la plateforme est repoussée dans sa position primitive, et on fait passer le rail, toujours suivant la même direction, sur un banc fixe à l'entrée duquel est établi un galet moteur. Derrière ce banc se trouve, à un niveau un peu inférieur, un gabarit sur lequel on amène le rail pour lui donner la courbure convenable pour qu'il se redresse par le refroidissement. On donne aux rails une flèche de courbure variant de $0^m,10$ à $0^m,35$, pour des longueurs de $7^m,30$ à $9^m,15$. Du gabarit, les rails tombent sur la table où s'opère leur refroidissement ; elle se compose de lignes de rails, espacées d'environ $0^m,90$, et disposées dans le sens transversal au banc qui en forme l'entrée ; ordinairement il y a deux surfaces horizontales reliées par un plan incliné sur lequel on hisse les rails pour les amener au niveau du dresseur et des perçoirs, établis à l'autre extrémité de la table à refroidir.

La composition des paquets pour rails varie plus ou moins d'une usine à l'autre ; la tête et le pied sont en fer corroyé (*rerolled iron*) ; dans certains cas, ils proviennent d'un second laminage du fer corroyé (*thrice rolled*, ou *refined*, *iron*) ; la tête se compose toujours d'une couverture de 25 millimètres et quelquefois de 50 millimètres d'épaisseur ; en général, le pied est aussi formé d'une seule plaque de 25 millimètres. On fait entrer dans l'intérieur du paquet des ébauchés, de vieux rails, aplatis ou en nature, et parfois une partie de corroyé.

Aux laminoirs de « *Abbott iron works* », établis à Canton, faubourg de Baltimore, on forme les paquets de neuf barres plates superposées, de 25 $^m/_m$ d'épaisseur et de 0^m,23 de largeur ; le pied et la tête sont en fer neuf ; les barres du corps sont de vieux rails aplatis.

A Brady's Bend, les paquets ont 0^m,18 de largeur ; la tête est formée d'une barre plate, le pied de deux barres plates de 25 $^m/_m$ d'épaisseur, en corroyé ; le corps se compose, soit de deux rangs d'ébauché (fig. 36, pl. X), soit de trois vieux rails enchevêtrés comme le montre la figure 37.

A l'usine de Johnstown, la composition des paquets est un peu plus compliquée ; j'ai déjà dit que les fourneaux de la Société « Cambria iron works » produisent deux sortes de fonte, d'où résultent des ébauchés de première et de seconde qualité, désignés sous les noms de « *best* » et de « *common* ». En outre, la production des six fourneaux ne suffisant pas à la consommation des laminoirs (1), on achète au-dehors des fontes d'affinage choisies dans les meilleures qualités de « *red-short* ». On employe pour le pied du rail une barre plate de 25 $^m/_m$ d'épaisseur, en corroyé de première qualité et pour la tête une barre de même épaisseur, contenant un tiers de « *best* » et deux tiers de « *common* ». Le corps est formé de trois couches, de 25 $^m/_m$ d'épaisseur, de vieux rails aplatis, surmontés d'une couche de 25 $^m/_m$ d'ébauché « *common* ». Quelquefois une partie des vieux rails sont employés sous leur forme primitive (fig. 38, pl. X).

A l'usine de MM. Cooper et Hewitt, à Trenton, les paquets ont 0^m,20 de haut et 0^m,20 de large ; la tête est formée d'une seule barre d'acier de 50 $^m/_m$ d'épais-

(1) L'usine de Johnstown a produit, en 1868, 70,000 tonnes de rails.

seur et le corps d'un mélange variable de vieux rails et d'ébauchés ; deux barres carrées, de 50 m/m de côté, en fer corroyé, formant les angles du pied, deux barres pareilles entrent en outre dans le corps du paquet (fig. 42, 43, 44, pl. XI).

Voici quelques détails sur le laminoir à rails de Reading, appartenant à la Compagnie du chemin de fer Philadelphie-Reading : (fig. 41, pl. XI).

Le bâtiment présente trois ailes d'inégale grandeur, divergeant d'une partie centrale, où est placé le train finisseur ; une des ailes est consacrée au puddlage ; les fours sont au nombre de douze ; le train ébaucheur tient au train finisseur. Les ébauchés sont cisaillés à chaud, au sortir des cylindres.

L'aile la plus grande contient les fours à réchauffer et un train de laminoirs placé à proximité du centre de l'usine ; ce train, desservi par huit fours qui occupent l'extrémité de l'aile, se compose de trois jeux de cylindres ; l'un sert à étirer les barres qui forment le corps des paquets pour rails ; un second façonne les plaques de tête ; le troisième dégrossit les rails. A l'arrière des deux premiers se trouve une cisaille double, pour couper les barres immédiatement après le laminage. Chaque jeu se compose de trois cylindres, de même qu'au train ébaucheur.

Les ébauchés sont d'abord mis en paquets avec de vieux rails (fig 45, pl. XI) et étirés en barres de 25 millimètres d'épaisseur ; sept couches de ces barres forment le pied et le corps du rail ; elles sont de largeur inégale, alternativement 75 et 115 millimètres, pour rompre les joints (fig. 46). La tête du rail est faite d'une plaque de 0m,23 de large sur 0m,05 d'épaisseur, obtenue par le laminage de paquets formés de barres identiques à celles qui composent le corps du rail.

Les trousses pour rails, après le dégrossissage, sont

soumises à un réchauffage avant de passer au train finisseur. Deux fours, établis entre les trains, sont consacrés à cette opération. Le finisseur ne se compose que de deux cylindres ; le passage au laminoir alternativement dans les deux sens nuit, dit-on, à la qualité du rail.

La troisième aile du bâtiment contient les scies circulaires, la table de refroidissement, les machines pour dresser le rail et celles qui y percent les trous des boulons d'éclisse et les encoches de la patte. Derrière les scies se trouve un petit train pour aplatir les bouts de rails. La machine qui active ce train commande en même temps, par le moyen de diverses transmissions, les scies, une partie des rouleaux qui conduisent le rail du train finisseur à la table à refroidir; enfin, deux ventilateurs à force centrifuge qui fournissent l'air nécessaire à l'alimentation des fours.

Les rails fabriqués à Reading revenaient à environ 28 francs les cent kilogrammes. Le prix de vente moyen, en 1868, était de 30 à 31 francs pour les rails ordinaires, pris aux usines; on demandait 2 francs de plus pour faire la tête en corroyé deux fois laminé.

A la même époque, MM. Cooper et Hewitt ont conclu aux prix suivants un marché assez considérable avec la Compagnie du chemin de fer Erie pour le remaniement de vieux rails en fer à transformer en rails aciérés: la compagnie payait frs 21 50 par 100 kilos, et fournissait une égale quantité de vieux rails ; ceux-ci valant frs 16 75, les rails remaniés revenaient au total à frs 38 25 les cent kilogrammes.

TÔLES.

J'ai peu de chose à dire de la fabrication des tôles ; voici quelques indications sur la fabrication des grosses

tôles à l'usine de MM. Lyon, Shorb et Cie (*Sligo iron works*), à Pittsburg. Cette usine, dont les produits jouissent d'une renommée spéciale, comprend un train pour grosses tôles, deux trains pour tôles fines et moyennes, un train pour petits fers. On employe pour le puddlage les fontes du comté de Juniata (Pennsylvanie), provenant de minerais de qualité supérieure traités à l'air froid dans des hauts-fourneaux au charbon de bois.

Le train à grosses tôles se compose d'une paire de cylindres dégrossisseurs, de $2^m,75$ de long et de $0^m,75$ de diamètre, moulés en sable, et d'une paire de finisseurs, de $0^m,60$ de diamètre sur $1^m,80$ de longueur, coulés en coquilles. Le volant de la machine motrice pèse 40 tonnes.

Les paquets ont $1^m,50$ de long sur $0^m,60$ de large et $0^m,20$ d'épaisseur; ils sont composés de plusieurs couches de barres plates en fer corroyé, empilées les unes sur les autres, alternativement en long et en large, et enfermées entre deux couvertures de 50 $^m/_m$ d'épaisseur.

Les paquets sont d'abord soudés au marteau, puis réchauffés avant de passer au laminoir. La soudure est opérée par un marteau-pilon à double effet, du poids de 8 à 9 tonnes ; le diamètre du piston à vapeur est de $0^m,70$, et sa course de $1^m,40$; la pression de la vapeur est de 5 atmosphères et demie.

Les brames étant d'un grand poids, on se sert, pour les manœuvres au train dégrossisseur, d'une plateforme mûe par la vapeur. Cette plate-forme, dont la levée est de $1^m,20$, est formée de barres de fer méplates, posées de champ; elle est garnie de galets; elle est suspendue directement à la tige du piston d'un cylindre à vapeur vertical placé en l'air,

Les plus grandes tôles, en fabrication courante,

pèsent 700 à 750 kilos ; elles ont $5^m,75$ de long sur $1^m,25$ de large et 12 $^7/_{10}$ millimètres d'épaisseur. On a dans certains cas fabriqué des tôles de 19 $^m/_m$ d'épaisseur pesant près de 1,600 kilogrammes.

J'ai vu employer dans un laminoir, à Reading, des trains à trois cylindres pour la fabrication des tôles. La longueur des cylindres était de $0^m,90$, leur diamètre, de $0^m,50$ pour les cylindres extrêmes, et $0^m,25$ pour le cylindre du milieu ; celui-ci repose sur le cylindre inférieur ; le cylindre supérieur est suspendu au moyen de vis. L'emploi de trois cylindres permettait de finir en une chaude des tôles de $^4/_{10}$ de millimètre (n° 26 de la jauge américaine), tandis qu'avec deux cylindres on ne pouvait pas dépasser le n° 18, correspondant à une épaisseur d'un millimètre.

Voici, d'après le prix courant de Jones et Laughlin, de Pittsburg, quelques chiffres relatifs à la valeur des tôles de différentes sortes et qualités, en 1868.

SORTES DE TOLES.		ÉPAISSEUR EN MILLIMÈTRES.	PRIX EN FRANCS PAR °/o KILOS.		
			Fer ordinaire, dit américain.	Fer au bois (Charcoal bloom).	Fer extra (Juniata).
Grosses et moyennes.	pour réservoirs d'eau . . .	4,75 à 12,75	44 00	»	»
	pour chaudières à vapeur . .		50 25	»	75 35
Tôles fines.	nos 10 à 17. .	2 6/10 à 1 2/10	44 00	56 50	75 35
	— 18 à 24 . .	1 à 0,5	48 15	60 70	79 50
	— 25 et 26 . .	0,45 à 0,40	50 25	62 75	81 60
	— 27. . . .	0,35	52 30	64 90	83 70

POUTRELLES EN FER LAMINÉ.

Il existe aux État-Unis plusieurs établissements pour le laminage des poutrelles en fer ; je citerai ceux

de Buffalo (état de New-York), de Trenton (New-Jersey), de Pittsburg et de Phoenixville (Pennsylvanie); l'usine de MM. Cooper et Hewitt, à Trenton, est la seule que j'aie eu l'occasion de visiter; mais on n'y laminait pas de poutrelles lorsque j'y ai passé.

La fabrication des poutrelles, dans cette usine, se faisait autrefois au moyen d'un train universel, démonté depuis assez longtemps; le train qui l'a remplacé se compose de deux jeux de trois cylindres superposés; les cylindres, portant chacun deux cannelures, ont un mètre de longueur; ils sont écartés d'axe en axe de $0^m,75$ environ. Au train dégrossisseur, les rebords des cannelures des cylindres extrêmes pénètrent jusqu'au fond des cannelures du cylindre du milieu, qui sont dépourvues de rebords; ce cylindre est en fer forgé.

On employe une machine pour le relevage des paquets au laminoir; une série de rouleaux, de $0^m,15$ de diamètre, sur lesquels reposent les paquets, sont suspendus par des tringles à des poutrelles transversales; l'ensemble forme une sorte de cage, à laquelle une petite machine à vapeur imprime un mouvement alternatif, de haut en bas et de bas en haut, par l'intermédiaire de deux arbres longitudinaux sur lesquels sont calés des leviers coudés correspondant aux divers rouleaux.

Plusieurs dispositions ont été successivement adoptées pour la mise en paquets :

En premier lieu, le corps de la poutrelle était formé d'un certain nombre de barres plates, empilées les unes sur les autres, et maintenues de chaque côté par une double épaisseur de fers plats posés de champ (fig. 47, pl. XI); au-dessus et en-dessous venaient deux barres plates de largeur croissante, qui faisaient la jonction du corps du paquet avec le pied et avec la tête, formés de plaques épaisses, tronquées sur les bords.

Plus tard, on a composé le corps des paquets de plusieurs barres rectangulaires superposées, assemblées à rainures et languettes entr'elles et avec le pied et la tête, formés chacun d'une barre dont le profil variait avec celui de la poutrelle à produire. La fig. 48, pl. XI, représente la disposition du paquet pour une poutrelle double T.

Plus tard encore, on a adopté le système indiqué par la fig. 49. Le corps est formé de plats empilés présentant au milieu un creux de chaque côté ; ils sont placés entre deux fers profilés en double L (*channel-bar*), couverts au-dessus et en-dessous par une barre plate ; le paquet est complété par deux fers en double L emboîtant le pied et la tête. La demande de brevet formée pour ce dernier système a été repoussée par les commissaires du « *Patent-Office,* » qui lui ont trouvé trop de ressemblance avec le système de Phoenixville (fig. 50), dans lequel trois fers plats accolés, placés de champ, s'emboîtent par leurs extrémités dans les rainures de fers profilés qui forment le pied et la tête.

L'usine de Trenton produit principalement des poutrelles en double T, dont les divers échantillons sont dénommés d'après leur hauteur, exprimée en pouces anglais ; il existe ordinairement, pour une même hauteur de poutrelle, deux variétés qui diffèrent par l'épaisseur de l'âme ; elles sont distinguées par les noms de *heavy* et de *light*, que je traduirai par « épais » et « mince. » La fabrication courante comprend en tout dix types ; on fabrique en outre sur commande des poutrelles dont les dimensions en épaisseur s'écartent, dans des limites déterminées, de celles du type de la même hauteur.

Voici le tableau des poids et des dimensions principales des divers échantillons :

NUMÉROS DES POUTRELLES.	HAUTEUR TOTALE.	LARGEUR du PIED et de LA TÊTE.	POUTRELLES-TYPES.		POUTRELLES SUR COMMANDE.	
			Épaisseur de l'âme.	Poids par mètre.	Limites d'épaisseur.	Poids par mètre.
	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Kilogrammes.	Millimètres.	Kilogrammes.
15 pouces épais	381	152	16	99	13 à 22	90 à 118
15 pouces mince	381	127	13	82	13 à 19	77 à 96
12 1/4 — épais	311	137	16	89	13 à 19	82 à 97
12 1/4 — mince	311	114	13	61	12 à 17 1/2	60 à 72
10 1/2 —	267	114	9 1/2	49	9 1/2 à 19	50 à 70
9 1/8 — épais	232	102	10	42	10 à 18 1/2	42 à 57
9 1/8 — mince	232	89	8 1/2	32	8 à 14	31 à 42
7 —	178	89	8	28	8 à 11	28 à 32
6 — épais	152	83	8	25	8 à 13	24 à 30
6 — mince	152	76	6 1/2	20	6 1/2 à 11	20 à 25

Je ne connais pas les prix de l'usine de Trenton ; le tableau suivant donne le prix courant de l'usine de Buffalo, en 1868-1869, pour des poutrelles de dimensions à peu près identiques. Les poutrelles sont laminées à une certaine longueur, fixée d'après les dimensions du profil ; on peut obtenir sur commande, moyennant une majoration de prix, des pièces plus longues, ne dépassant pas cependant certaines dimensions indiquées ci-dessous. La surtaxe était fixée à frs 2 10 aux cent k^{os} pour chaque longueur ou fraction de longueur de cinq pieds ($1^m.50$), en sus de la longueur normale.

NUMÉRO DES POUTRELLES.			POIDS par mètre.	LONGUEUR normale.	LONGUEUR maxima.	PRIX par 100 kil.
			Kilogr.	Mètres.	Mètres.	Francs.
15	pouces	épais	99	6 00	10 65	54 40
		mince	74	6 00	—	
12 ¼	—	épais	89	7 60	—	52 30
		mince	62	7 60	18 30	
10 ½	—	. . . . .	52	9 00	—	50 20
9	—	épais	45	—	21 30	
		mince	35	—	—	
8	—	. . . . .	32	—	—	
7	—	. . . . .	30	—	—	
6	—	épais	25	—	—	
		mince	20	—	—	

LAMINAGE DU FER A FROID.

Le procédé américain connu sous le nom de « *Patent cold rolling* » a été introduit en Angleterre il y a nombre d'années ; je crois, cependant, devoir en décrire ici l'opération, telle que je l'ai vu pratiquer dans l'établissement de MM. Jones et Laughlin, à Pittsburg.

Le laminage à froid a pour but, en comprimant le fer, sans changer sa forme, de polir et de durcir la surface des pièces qui y sont soumises, en même temps que d'accroître la résistance du métal. Les principaux produits du laminage à froid sont :

Des barres rondes, dont on fait des arbres de transmission, des tiges de piston pour pompes et pour machines à vapeur, etc.

Des barres de section carrée, plate ou méplate, qui remplacent les aciers communs dans la construction des moissonneuses et d'autres machines agricoles.

Enfin, des tôles polies, notamment les tôles minces employées pour la confection des pelles et de divers autres ustensiles.

Les pièces provenant du laminage à froid sont considérées comme finies et n'ont plus à subir que quelques opérations accessoires pour être adaptées à leur destination ; ces opérations consistent, par exemple, à tourner des gorges dans les arbres de transmission, à fileter les extrémités des tiges de piston, à raboter la tranche de certaines pièces de machines agricoles, faites de larges plats qui doivent avoir une forme trapézoïdale.

La première opération est le décapage des pièces; elles sont immergées pendant cinq à six heures dans un bain d'acide sulfurique étendu de dix fois son poids d'eau et chauffé vers 70 ou 80 degrés centigrades. Elles sont ensuite lavées dans un bain d'eau pure.

Les laminoirs à froid se composent de cinq paires de cylindres, disposées en deux groupes dont chacun est activé par une machine spéciale. Le premier groupe comprend :

Une paire de cylindres à table unie, de $1^m,80$ de longueur, pour les tôles et les larges plats ;

Une paire de cylindres d'environ $1^m,20$ de longueur,

portant huit cannelures pour le laminage des fers ronds d'échantillon moyen.

Les cylindres de la troisième paire ont un peu plus d'un mètre de longueur ; six cannelures pour gros fers ronds alternent avec quatre cannelures pour méplats.

Les deux paires formant le second groupe sont destinées, l'une au travail des petits fers ronds, l'autre au travail des petits fers carrés et méplats. Les cylindres du premier groupe ont $0^m,50$ de diamètre ; ils font 40 tours par minute, la machine motrice a $0^m,50$ de diamètre au piston à vapeur et fait 80 tours par minute. Les cylindres du second groupe ont $0^m,30$ de diamètre.

Les cannelures pour fers ronds sont demi-circulaires ; leur largeur est un peu supérieure au diamètre de la barre à laminer. Pour les barres carrées et méplates, le profil de la cannelure est un triangle rectangle ; ces barres sont laminées sur l'arête, de manière que la pression s'exerce simultanément sur les quatre faces.

Les trains sont montés à peu près comme les trains de laminoirs ordinaires ; les grosses pièces sont supportées par des rouleaux à l'avant et à l'arrière des cylindres ; les petits fers ronds sont posés, du côté de l'entrée, sur un chenal à section demi-ronde qui emboîte la moitié de leur section ; en sortant des cylindres ils s'engagent dans un tube fixe qui les empêche de se déformer outre mesure. Les petits fers à section rectangulaire sont guidés, tant à l'entrée qu'à la sortie, par une sorte de fourreau qui les embrasse exactement.

Chacun des cinq trains est desservi par un chef-lamineur, deux aides et quatre serveurs. Le personnel est payé à la journée, à raison de frs 8 50 pour le chef, frs 6 75 pour les lamineurs et 5 75 pour les serveurs.

La manière d'opérer varie avec la forme et les dimensions des pièces ; dans le laminage des tôles et

des larges plats, on resserre les cylindres après chaque passe ; pour les fers ronds gros et moyens, on ne rapproche les cylindres qu'après avoir passé la barre cinq ou six fois, en la faisant à chaque fois tourner un peu sur elle-même. L'écartement des cylindres est réglé par des vis qui traversent le chapeau des cages ; au gros train, les deux vis sont rendues solidaires par une bielle d'accouplement, comme dans les trains ordinaires à tôles. Au petit train, les vis sont indépendantes l'une de l'autre et l'écartement des cylindres reste invariable pendant le travail d'une même barre.

Il faut en moyenne 25 à 35 passes pour finir les gros fers ronds, et six ou huit passes au moins pour les petits fers ; du reste, on ne saurait rien dire de positif à cet égard : la section des pièces brutes n'est pas bien fixe ; elles sont amenées par le laminage à des dimensions déterminées avec précision. Le chef-lamineur est muni d'un calibre qu'il applique de temps en temps ; il continue le laminage jusqu'à ce que la pièce soit réduite à la dimension voulue. C'est le tact et l'expérience de cet ouvrier qui règlent le nombre de passes et les détails de l'opération.

La proportion dans laquelle la section primitive est diminuée varie aussi suivant la nature de la pièce que l'on travaille. La compression est souvent très-forte, surtout pour les fers plats, qui ne sont comprimés que dans le sens de leur épaisseur ; j'ai vu une barre plate de 19 millimètres réduite par le laminage à 13 millimètres d'épaisseur. Pour les fers ronds, la compression varie de 1/16 à 1/32 du diamètre primitif ; ainsi la réduction sera en général de 1 $^1/_2$ à 3 $^1/_4$ millimètres pour des diamètres de $0^m,025$ à $0^m,100$.

Les barres se déforment toujours plus ou moins en passant par les cylindres ; le dressage, nécessaire sur-

tout pour les fers ronds destinés à faire des arbres de transmission ou des tiges de piston, se fait au moyen d'une presse à vis reposant sur un banc le long duquel on peut la déplacer à volonté. Le banc de dressage des gros fers ronds a 10 mètres de longueur; il porte quatre supports mobiles. Les deux supports extrêmes, garnis chacun de deux galets, reçoivent les deux bouts de la pièce à dresser, que l'on fait tourner sur elle-même pour présenter en haut la convexité du point où la courbure est le plus prononcée; la presse est amenée en ce point et les deux supports intermédiaires, placés de chaque côté à la distance convenable, servent de points d'appui à la pièce, qui repose dans des entailles en forme de V assez ouvert. L'opération se répète sur les différentes parties de la barre jusqu'à ce qu'elle soit devenue parfaitement droite, ce dont on s'assure facilement en la faisant tourner sur ses appuis.

Les bancs de dressage, au nombre de deux, pour les petits fers ronds, sont disposés de la même manière, mais n'ont que cinq mètres de longueur. Cinq bancs de même longueur et d'une disposition identique, à part les supports à galets qui sont supprimés, servent au dressage des fers méplats. Enfin, cinq presses sont établies pour dresser les larges plats.

L'établissement fabrique quarante échantillons différents de fers ronds laminés à froid depuis le diamètre de 102 millimètres jusqu'à celui de $4^{3}/_{4}$ millimètres. La longueur normale des pièces est de 6 mètres ; le prix de vente variait, suivant l'échantillon, de 84 à 160 frs aux °/₀ kilog.

Le laminage à froid donne au fer une surface parfaitement unie et d'un très-beau poli. De nombreuses attestations, délivrées à MM. Jones et Laughlin par les industriels qui font usage de ces produits, en font le plus grand éloge, au triple point de vue de la per-

fection du calibrage, de la rigidité des pièces et de leur résistance à l'usure.

J'extrais d'un prospectus publié par MM. Jones et Laughlin les chiffres suivants, résultats d'expériences provenant de sources diverses, qui permettront d'apprécier l'effet produit par le laminage à froid sur la résistance du métal à des efforts de différentes natures.

Expériences de M. W. Wade, à l'arsenal de Pittsburg.

NATURE et CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE.	EFFET PRODUIT.	DESCRIPTION de L'ÉCHANTILLON.	CHARGE EMPLOYÉE fer ordinaire.	CHARGE EMPLOYÉE laminé à froid.
			Kilog.	Kilog.
Flexion : La barre repose sur deux appuis écartés de $0^m,76$.	Flèche permanente 2 ½ mill.	Barre carrée de 38 millim.	1 400	4 850
		— ronde de 51 —	2 360	5 035
		— — de 57 —	3 085	7 075
Torsion : Sous un bras de levier de $0^m,635$.	Torsion permanente d'un degré d'amplitude.	Barre ronde de 44 ½ millim. sur une longueur de $0^m,229$.	340	780
Compression.	Refoulement perm. ¼ mill.	Barre ronde de 38 millim sur une longueur de 38 millim.	5 900	15 425
Flexion par compression.	Flexion permanente.	Barre ronde de 19 millim. sur une longueur de 200 mill.	9 525	14 065
—	—	Fer au bois, mêmes dimens	9 300	16 785
			Charge en kilog.	par mill. carré.
Extension.	Allongement permanent.	Fer puddlé, diam. 19 millim.	26	48
—	—	— au bois, — —	30	61
—	Rupture.	— puddlé, — —	39	58
—	—	— au bois, — —	36	70
			Kilog.	Kilog.
Dureté : Charge nécesssaire pour produire des dépressions d'égale profondeur dans les deux échantillons.			2 270	3 400

Expériences de W. Fairbairn, sur la résistance à l'extension.

DESCRIPTION de L'ÉCHANTILLON.	CHARGE par mill. carré.	ALLONGEMENT, la longueur de la barre étant : 1.	OBSERVATIONS.
	Kilog.		
1° Barre ronde en fer laminé brut, de 27 millim de diamètre.	36	0,130	»
	40	0,200	rupture.
2° Barre identique à la précédente, réduite par le laminage à froid au diam. de 25 ¹/₂ mill.	29	0,001	»
	34	0,004	»
	38	»	»
	50	0.007	»
	51,5	0,008	»
	54,5	rapide.	»
	57,5		L'expérience est arrêtée.
3° Barre ronde, en fer ordinaire, tournée au diam. de 25 ¹/₂ mill.	28	0,015	»
	31	0,027	»
	34	0,048	»
	37	0,080	»
	38	»	»
	40	0,090	»
	43	0,220	rupture.
4° Barre identique, amenée au même diamètre par le laminage à froid.	47	0,000	»
	56	0,060	»
	62	0,080	rupture.

Expérience sur la flexibilité et l'élasticité relatives de l'acier et du fer laminé à froid.

LES EXPÉRIENCES, PORTANT SUR DES PIÈCES DE MOISSONNEUSES, DITES « *fingers-bars* », ONT ÉTÉ FAITES :

1° A l'établissement de MM. JONES et LAUGLIN.

FLÈCHE de COURBURE PRODUITE.	FER LAMINÉ A FROID. CHARGE EMPLOYÉE.	FER LAMINÉ A FROID. FLÈCHE PERMANENTE.	ACIER FONDU. CHARGE EMPLOYÉE.	ACIER FONDU. FLÈCHE PERMANENTE.
mill.	kilog.	mill.	kilog.	mill.
203	122	1,50	113	4,75
305	170	12,75	140	41,25
381	204	38,00	150	89,00
483	250	109,50	173	177,75

2° A l'établissement de Hoozac Falls (État de New-York) (atelier de construction de machines agricoles.)

FLÈCHE de COURBURE PRODUITE.	FLÈCHE PERMANENTE. FER LAMINÉ A FROID.	FLÈCHE PERMANENTE. ACIER N° 1.	FLÈCHE PERMANENTE. ACIER N° 2.
mill.	mill.	mill.	mill.
152	»	»	»
203	»	8,00	1,50
254	1,50	20,50	9,50
305	3,25	57,00	25,50
355	6,30	98,50	73,00
406	19,00	146,00	111,00

FABRICATION DE L'ACIER.

USINES BESSEMER.

La fabrication du métal Bessemer a pris aux États-Unis un développement assez rapide ; si j'ai été bien informé, le nombre des usines construites jusqu'en 1869 était de cinq, dont voici l'énumération :

1° John A. Griswold et Cie, à Troy. Cette usine, la plus ancienne de toutes, a été détruite par un incendie, le 20 octobre 1868 et reconstruite immédiatement.

2° Pennsylvania steel works, près de la ville de Harrisburg, capitale de la Pennsylvanie.

3° L'usine établie à Detroit, ville située dans l'État de Michigan, sur la rivière qui déverse les eaux du lac Huron dans le lac Erié. Cette usine est la seule que je n'aie pas visitée.

4° Freedom iron and steel works, à Lewistown (Pennsylvanie.)

5° Enfin, la Compagnie « *Western iron* » venait d'installer à son usine de Neyburg, près Cleveland, un *converter* auquel devait plus tard s'ajouter un deuxième appareil.

L'acier Bessemer était très-apprécié, surtout pour la fabrication des rails et il est probable que de nouveaux établissements auront été créés depuis l'époque dont je parle.

Les usines américaines sont la reproduction fidèle des usines d'Europe ; aucune modification essentielle n'a été apportée dans la disposition des appareils ni dans la marche du procédé. La distribution est à peu près la même dans les diverses usines ; chacune comprend deux « *converters* » installés au bord d'une fosse circulaire ou demi-circulaire ; au centre de cette fosse se trouve la grue hydraulique qui porte le pot destiné

à recevoir l'acier fondu, les lingotières sont distribuées sur le pourtour de la fosse; des deux côtés de celle-ci se trouvent des espaces réservés à la manipulation des lingots après la coulée. Les appareils de fusion sont placés dans une annexe derrière les *converters*

Les machines soufflantes se composent ordinairement de deux cylindres à vapeur dont chacun attaque directement un cylindre soufflant, et dont la marche est régularisée par un volant unique. A Lewistown la machine est verticale sans balancier; dans les autres établissements les cylindres sont horizontaux. A l'usine de Troy on avait approprié une ancienne machine pour le service des *converters;* elle n'avait qu'un seul cylindre à vapeur, attelé à un arbre qui commandait les deux cylindres soufflants et portait un volant. Cette machine était considérée comme trop faible pour le travail à effectuer; la pression d'air obtenue n'était que de $1^k,10$ à $1^k,25$ par centimètre carré, au lieu de kil. 1,55 à 1,75, pression normale dans les autres établissements; même à Harrisburg la pression pouvait, en cas de besoin, être portée à $2^k,70$ par centimètre carré. Dans cette dernière usine les cylindres sont rafraîchis par une circulation d'eau.

Les dimensions principales des machines soufflantes varient dans les limites suivantes :

Diamètre des pistons à vapeur . . .	0,90 à 1,10 mètres.
id. id. soufflants . . .	1,00 à 1,25 —
Course	1,25 à 1,50 —

D'après ces chiffres le volume théorique d'air, à la pression ordinaire, fourni par la machine, était, pour les divers établissements, compris entre 2,000 et 3,500 litres par seconde, le nombre de coups doubles par minute étant de 25 à 30 en moyenne.

Les clapets d'aspiration et de refoulement sont dis-

posés de diverses manières; à Troy, ils étaient établis comme dans les machines soufflantes ordinaires des hauts-fourneaux. A Lewistown, les fonds des cylindres sont percés d'ouvertures circulaires d'environ $0^m,20$ de diamètre, au nombre de sept pour l'aspiration et de quatre pour le refoulement; sur ces ouvertures s'appliquent des disques en caoutchouc vulcanisé, de 25 $^m/_m$ d'épaisseur, rivés sur une bride en fer disposée suivant un diamètre de l'ouverture.

A Harrisburg, les cylindres soufflants se terminent à leurs deux extrémités par des zônes annulaires percées d'un grand nombre de trous de 15 millimètres de diamètre, pour livrer passage à l'air; des tronçons de cylindre en caoutchouc vulcanisé de 8 à 10$^m/_m$ d'épaisseur, faisant fonction de clapets, s'appliquent sur ces zônes, en dedans ou en dehors, suivant qu'il s'agit de l'aspiration de l'air ou de son expulsion.

Les *converters*, de forme ovoïde, sont formés de segments en fonte, assemblés au moyen de boulons, ou de segments en fer forgé, réunis par des rivures; ils sont garnis à l'intérieur d'un enduit réfractaire d'environ $0^m,30$ d'épaisseur; cet enduit se compose ordinairement de « *gannister* », pur ou mélangé avec un quart de son poids de terre réfractaire. Le « *gannister* » vient d'Angleterre; il coûtait au-delà de 100 francs les mille kilogrammes; à l'usine de Troy on l'avait remplacé par un grès blanc sableux qu'on trouve dans le pays et qui ne coûtait que 20 à 25 francs la tonne; on le mélangeait avec un cinquième en poids d'argile réfractaire; le revêtement ainsi construit durait un mois.

Les *converters* ont une capacité nominale de cinq à six tonnes, correspondant à une production d'acier de 4000 à 5000 kilog. Ils ont environ $4^m,50$ de longueur sur $2^m,50$ de diamètre intérieur; l'orifice, disposé en col de cornue, peut avoir $0^m,80$ d'ouverture; les *con-*

verters basculent sur deux tourillons, dont l'un porte un pignon denté engrenant avec une crémaillère qui forme le prolongement du piston d'une presse hydraulique. Le second tourillon est creux pour livrer passage à l'air de la soufflerie; un tuyau en fonte, accolé extérieurement au flanc de l'appareil, amène l'air dans un double fond ménagé au bas du *converter;* de là il s'échappe dans la capacité intérieure par dix ou douze tuyères en terre réfractaire, noyées dans le revêtement. Ces tuyères, de forme tronc-conique, sont percées d'un certain nombre de trous longitudinaux; elles peuvent avoir $0^{m},50$ de longueur, $0^{m},13$ de diamètre au petit bout et $0^{m},18$ au gros bout.

La fusion des fontes se fait ordinairement au cubilot; l'anthracite est le seul combustible employé pour l'alimentation de ces fourneaux; la consommation est de 15 à 20 p. °/₀ ou au maximum 25 p. °/₀ du poids du métal employé ; les fours à réverbère, dont on se sert pour la fusion de la fonte *spiegel* et quelquefois aussi des autres fontes, consomment 40 à 50 p. °/₀ ou davantage, du poids du métal, en charbon bitumineux ou anthracite.

La plupart des manœuvres qui composent l'ensemble de l'opération sont effectuées par des grues hydrauliques fonctionnant sous une pression de 20 atmosphères environ. Voici sommairement l'énumération de ces appareils :

Une grue dessert les cubilots et le pot de coulée intermédiaire entre eux et le *converter;* le *converter* est manœuvré par une seconde grue. Une presse hydraulique est placée au centre de la fosse pour la manœuvre du pot qui reçoit la coulée du *converter;* ce pot voyage sur une forte charpente horizontale en fer, fixée au piston de la presse. Enfin, deux ou trois grues disposées autour de la fosse sont employées pour démou-

ler les lingots et les charger sur les wagonnets qui les emportent au magasin. A l'usine de Harrisburg, la charpente en bois, très-robuste, qui couvre la halle de coulée, porte des coulisses qui guident le prolongement des pistons des presses. Grâce à cette disposition, on peut, sans inconvénient, employer des grues beaucoup plus légères que d'habitude et se dispenser d'en équilibrer les bras par des contrepoids.

L'acier est coulé dans des moules en fonte, en forme de pyramide tronquée à base carrée, posés debout sur un socle en fonte. Les lingotières ont intérieurement $0^m,22$ à $0^m,23$ de côté à la base et $0^m,20$ au sommet; leur hauteur est d'environ un mètre. Souvent on réunit plusieurs lingotières sur un même socle, en vue de faciliter l'opération de la coulée. A Harrisburg, le socle porte quatre ou six lingotières groupées autour d'une lingotière centrale plus haute que les autres. Le métal est coulé dans celle-ci et se répand dans les lingotières latérales par des canaux ménagés dans l'épaisseur du socle et couverts par des taques en terre réfractaire. Les lingots pèsent respectivement 590 et 290 kilog.

M. Durfee, directeur de l'usine de Troy, a apporté une modification à ce système pour obtenir des lingots de longueur uniforme, tout en conservant à la lingotière centrale la différence de hauteur nécessaire au remplissage des autres (fig. 51 et 52, pl. XI). Chaque groupe se compose de cinq lingotières de $1^m,10$ de longueur. Le socle présente au milieu une face carrée horizontale sur laquelle la lingotière centrale est posée verticalement, et sur les côtés quatre faces carrées obliques qui reçoivent les lingotières latérales ; celles-ci, inclinées d'environ 55° sur l'horizon, s'appuyent sur un rebord formé par l'arête inférieure du socle et sont soutenues par un crochet venu de fonte au bas d'une de leurs faces, qui prend dans un crochet inverse

tenant à la lingotière centrale. Le métal liquide versé dans la lingotière centrale passe dans les autres par des rainures creusées dans le socle. Les lingotières latérales sont fermées au sommet, sauf un petit trou, servant à l'échappement de l'air et qu'on bouche ensuite avec une broche de bois. La lingotière centrale est entièrement ouverte; lorsqu'elle est remplie à son tour on en bouche l'orifice au moyen d'une poignée de terre maintenue par une plaque de tôle calée, pour éviter la projection du métal. Les cinq lingotières portent des oreilles à leur partie supérieure; pour démouler on soulève tout le bloc au moyen d'une grue dont la chaîne s'attache aux oreilles de la lingotière centrale, puis on enlève successivement les lingotières latérales au moyen d'une autre grue. Les lingots pèsent de 290 à 360 kilogrammes.

La nature des fontes traitées et les proportions dans lesquelles elles sont employées varient d'une usine à l'autre. En général, des fontes d'origine anglaise tiennent une place importante dans le mélange. Voici, du reste, les renseignements que j'ai pu recueillir à ce sujet :

L'usine de Troy traitait des fontes anglaises, des fontes à l'anthracite, de Pennsylvanie et des fontes au bois provenant du lac Supérieur et de l'État de New-York; on y ajoutait une petite quantité de vieilles fontes, déchets d'acier, etc. On employait à peu près 42 p. °/₀ de fonte anglaise, un chiffre égal de fonte américaine au bois et 15 p. °/₀ de fonte à l'anthracite. Le prix de revient moyen de l'ensemble était de 19 à 21 francs aux °/₀ kilog.

L'établissement de Lewistown consommait, pour les $^2/_3$ environ, les fontes produites sur place, et pour l'autre tiers, des fontes anglaises au coke qui coûtaient, prises à New-York, frs 16 00 à 16 50 les °/₀ kilog.

Ces dernières, dont l'emploi rendait l'acier plus doux, avaient la teneur suivante en matières étrangères :

Silicium	2,760 p. %.
Phosphore	0,040 —
Soufre	0,028 —

D'après une analyse un peu suspecte d'inexactitude, les fontes au bois de l'établissement, exemptes de toute trace de soufre, contenaient :

Silicium	2,130 p. %.
Manganèse	0,430 —
Phosphore	0,100 —

Lorsque j'ai vu l'usine de Cleveland, la fabrication, mise en train depuis peu de jours, n'était pas encore sortie de la période des tâtonnements. Jusque là on traitait exclusivement des fontes au bois du lac Supérieur.

A l'usine de Harrisburg, le choix des fontes à employer a été l'objet d'une étude très-complète; on a fait dans ce but de nombreuses analyses portant sur une très-grande variété de fontes, en majeure partie indigènes; en même temps les qualités du métal produit par leur traitement étaient soumises à un examen minutieux. Ces essais ont servi de base définitive à la fabrication et on est arrivé, paraît-il, à pouvoir régler avec certitude la composition des charges de manière à produire à volonté telle nature d'acier que l'on veut. J'aurais beaucoup désiré pouvoir donner ici au moins un résumé des analyses et des essais dont je viens de parler ; mais une décision formelle du Conseil d'administration de *Pennsylvania steel works C°* avait interdit toute communication sur ce sujet; force m'a donc été de me contenter d'indications assez vagues ; on traite, m'a-t-on dit, principalement des fontes de

provenance américaine et surtout des fontes au bois dont une grande partie vient du lac Supérieur. Le prix d'achat de ces fontes variait de 13 à 19 francs les cent kilog. et s'était même dans certains cas élevé à 26 francs. On consomme, en outre, des fontes anglaises, coûtant de frs 15 20 à frs 17 75 aux °/₀ kilog.

Les fontes *spiegel* sont achetées en Europe; je ne pense pas que l'on ait jamais employé, sinon à titre d'essai, les fontes miroitantes produites par le traitement des résidus de la franklinite à l'usine à zinc de Newark. La proportion de *spiegel* varie, suivant les usines, de 2 $^{1}/_{2}$ à 10 p. °/₀ de la quantité totale de fonte traitée.

La fabrication du métal Bessemer est à peu près la même partout. Voici quelques détails puisés à l'usine de Troy :

Au commencement de la journée il faut environ trois heures pour échauffer le *converter* par la combustion d'un mélange de coke et d'anthracite; la consommation est de 2500 à 3000 kilog. Avant chacune des conversions suivantes on consomme encore une tonne de combustible pour ramener la température au degré voulu. Les rigoles et les pots de coulée sont chauffés au moyen de braise allumée.

Lorsque tout est prêt, on vide le *converter* en le retournant, on fait marcher la soufflerie pour expulser les cendres et le fraisil et dégager les orifices des tuyères. On relève ensuite à moitié le *converter* et on y coule la charge de fonte ; puis on commence à donner le vent en laissant encore pendant quelque temps l'appareil dans sa position inclinée. La conversion proprement dite est divisée en trois périodes consacrées à la combustion successive du silicium d'abord, puis du carbone, enfin d'une certaine quantité de fer. Les changements que subit l'aspect de la flamme dénotent le

commencement et la fin de chaque période ; cette appréciation demande un œil très-exercé ; dans aucune usine, que je sache, on n'avait employé le spectroscope pour suivre les phases de l'opération.

Lorsqu'on reconnaît, à la nature de la flamme, que le carbone a à peu près entièrement disparu, ce qui se produit au bout de 10 à 20 minutes, on arrête le vent, on incline de nouveau le *converter* pour y introduire le *spiegel* liquéfié ; après avoir laissé s'opérer la réaction pendant un temps très-court, on procède à la coulée.

On compte ordinairement sur trois à quatre conversions, pour chaque appareil, par poste de douze heures, mais je ne pense pas que le dernier chiffre soit régulièrement atteint. Le déchet normal paraît être de 10 à 13 p. °/₀ de la quantité de métal brut employée ; dans certaines usines il atteint 16 ou 17 p. °/₀ et va même au-delà. On peut donc admettre que pour une charge de fonte variant de 4500 à 5500 kilog., le produit sera de 4,000 à 5000 kilog. d'acier en lingots.

On ne procède pas partout de la même manière pour déterminer la qualité du produit :

A l'usine de Troy, les matières premières étaient régulièrement soumises à l'analyse chimique, qui servait à régler la composition des mélanges, mais on ne croyait pas pouvoir s'en rapporter à cette seule base d'appréciation pour obtenir des aciers d'une qualité uniforme. Les lingots étaient, en conséquence, l'objet d'un classement basé sur les caractères physiques observés, soit sur un jet de coulée, soit sur une prise d'essai faite au milieu de la coulée. Les essais pratiqués sur l'échantillon consistaient à le marteler à chaud et à froid, à le percer au moyen de poinçons, à le replier sur lui-même de diverses manières, etc. On constatait ainsi le degré de dureté, de ténacité et de malléabilité du métal, son plus ou moins d'aptitude à se souder et

à prendre trempe. Après le démoulage, chaque lingot était pesé et on y inscrivait en gros caractères le poids constaté et le numéro de la coulée dont il provenait; les produits de chaque coulée étaient classés dans la catégorie déterminée par le résultat des essais.

Les aciers étaient distingués en cinq catégories, le n° 5 correspondant à l'acier le plus doux et le n° 1 à la qualité la plus dure. Les intervalles entre les divers numéros étaient en outre subdivisés par quarts, ce qui donnait en tout dix-sept numéros. L'acier le plus généralement obtenu était du n° 4, employé pour la fabrication des rails. Les autres numéros, produits en moindres quantités, étaient mis en réserve pour servir plus tard à des essais de fabrication.

A Harrisburg on distinguait sept numéros; le n° 1 désignait également la qualité la plus dure. La production était généralement en n° 6 et même en n° 7. Les aciers n'étaient pas soumis à des essais (*test*), si ce n'est exceptionnellement.

L'acier Bessemer produit aux États-Unis est destiné principalement à la fabrication des rails. Des laminoirs sont annexés aux usines de Troy, de Lewistown et de Harrisburg; ils sont absolument semblables par leur disposition et par l'outillage employé aux laminoirs à rails ordinaires Les lingots sont quelquefois soumis à un martelage avant de passer au laminoir; cette mesure n'est pas adoptée d'une manière générale; son application dépend surtout, je pense, des stipulations des contrats de livraison. A l'usine de Harrisburg, par exemple, on martelait une partie des lingots; le rapport entre le nombre des lingots martelés et le nombre total mis en fabrication n'était pas déterminé par une règle fixe; la proportion était augmentée chaque fois qu'on croyait s'apercevoir d'un amoindrissement de la qualité des rails.

Une épreuve est presque toujours imposée pour la réception des rails ; c'est pourquoi on les fait en acier très-doux En général, le rail, reposant sur deux supports espacés de 0m,60 à 0m,90, doit subir deux fois, sans se briser, le choc d'un mouton de 900 à 1000 kilog. tombant de 6 à 9 mètres de hauteur.

Outre les rails, l'usine de Lewistown fabriquait en acier Bessemer des bandages sans soudure pour locomotives, ainsi que des arbres et essieux et d'autres pièces de machines. Voici un aperçu du prix du Bessemer, sous ses diverses formes commerciales, en 1868 et 1869 :

Acier brut en lingots	les °/o kilog.,	frs 46 00 environ.
Rails	—	— 60 00 à 63 00.
Bandages sans soud. (Lewistown)	—	— 150 00.
Pièces de forge . . . id.	—	— 105 00 à 134 00.

ACIER FONDU AU CREUSET.

Il existe à Pittsburg plusieurs fabriques d'acier fondu; les deux principales étaient celle de MM. Park frères « *Black diamond works* », dont la production dépassait 20,000 kilog. par jour et celle de MM. Anderson et Woods.

L'acier est produit dans des fours de cémentation ordinaires; l'opération dure huit jours; le refroidissement du four demande un temps égal. On prend pour la conversion des fers de diverses provenances, principalement des fers au bois (*charcoal bloom*) indigènes, produits par le travail au bas-foyer dans la région du lac Champlain, dans le Missouri, au lac Supérieur ; ces fers coûtaient de 35 à 40 frs les °/o kilog. On traitait aussi des fers de Suède. A l'usine de MM. Park on employait pour une partie le fer obtenu dans l'établissement même par le puddlage de fontes choisies dans les meilleures qualités.

Une partie du produit de la cémentation est livrée directement au commerce sous le nom de « *blister-steel* » et trouve un emploi important dans la construction des machines agricoles. La majeure partie est fondue au creuset dans des fours à vent chauffés au coke. Chaque four contient un ou deux creusets, exceptionnellement quatre ou six. Les creusets ont $0^m,15$ de diamètre et $0^m,33$ de hauteur; ils chargent 34 kilog. de métal; ils sont faits d'un mélange de plombagine et d'argile réfractaire, qui résiste à deux ou trois opérations.

MM. Anderson et Woods ont remplacé une partie de leurs fours à vent par un four Siemens. La flamme sortant du régénérateur passe dans un canal creusé dans le sol de l'usine et divisé en douze compartiments qui contiennent chacun deux creusets. Cette modification paraît avoir donné des résultats très-favorables. La quantité de combustible consommée restait à peu près la même dans les deux cas; elle était d'un peu plus de 9 hectolitres par cent kilog. d'acier; mais on réalisait une économie très-importante par l'emploi de la houille crue au lieu de coke.

L'acier fondu se vendait moyennement frs 1 50 à 1 60 le kilogramme. Il sert à faire des outils, des tôles de chaudières,des pièces de machines, des essieux pour wagons et locomotives, etc.

L'acier destiné à la coutellerie et aux outils est livré au commerce sous forme de barres carrées ou octogonales de diverses grosseurs. Pour les qualités ordinaires, ces barres sont laminées; pour les qualités fines, elles sont étirées au marteau; elles sont soumises ensuite à un examen des plus minutieux. Toute partie qui présente le moindre défaut est rejetée et repasse au creuset.

MM. Park fabriquent, en assez grande quantité, des

tôles de chaudières qui sont très-estimées; elles sont employées principalement pour les locomotives. L'acier destiné à être laminé en tôles est coulé directement en plaques carrées dont le poids va jusqu'à 345 kilog. Les tôles finies ont environ 3^{m},65 de long et 1^{m},20 de large sur une épaisseur de 4 $^{3}/_{4}$, 8 ou 9 $^{1}/_{2}$ millimètres.

L'acier pour pièces de machines est coulé en lingots dont le poids et la forme sont déterminés par la forme et les dimensions de la pièce qu'on veut obtenir.

ACIER MARTIN.

A la fin de l'année 1868, MM. Cooper et Hewitt ont monté, à leur usine de Trenton, la fabrication de l'acier par le procédé Martin, consistant, comme on sait, à dissoudre des morceaux de fer ou des déchets d'acier puddlé ou autre dans un bain de fonte sous l'influence d'une température élevée. On a adopté le système Siemens pour le chauffage des fours à réverbère servant à la liquéfaction de la fonte et à l'opération elle-même.

Je me borne à mentionner pour mémoire l'introduction du procédé Martin aux États-Unis sans entrer dans aucun détail; la fabrication, au moment où j'ai visité l'usine, était provisoirement arrêtée pour permettre quelques réparations aux fours, après une période d'essais qui avait duré plusieurs semaines.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE DU FER.

Les chiffres suivants, concernant la production et la consommation du fer aux États-Unis, sont empruntés au rapport publié en 1868 par M. Mac-Allister, secrétaire de l'association fondée par les maîtres de forge sous le nom de « *American iron and steel Association* ».

Production de la fonte, par États, en 1866 et 1867.

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	FONTE A L'ANTHRACITE.		FONTE AU COKE ET A LA HOUILLE.		FONTE AU BOIS.		DE TOUTE NATURE.	
	1866.	1867.	1866.	1867.	1866.	1867.	1866.	1867.
	Tonnes de 1000 kilogrammes.							
Pennsylvanie	520,409	539,000	154,700	173,300	52,500	54,500	727,600	766,800
New-York	107,300	137,500	»	»	22,600	24,400	129,900	161.900
Ohio	»	»	88,200	114,600	79,700	81,200	167,900	195,800
Michigan	»	»	»	»	32,200	50,500	32,200	50,500
Maryland	11,800	11,200	»	»	24,200	21,800	36,000	33,000
Missouri	»	»	»	»	23,300	17,800	23,300	17,800
Connecticut	»	»	»	»	17,800	16,900	17,800	16,900
Kentucky	»	»	»	»	13,600	?	13,600	?
Massachussetts	3,300	3,200	»	»	13,200	11,100	16,500	14,300
New-Jersey	36,900	33,500	»	»	5,800	8,200	42,700	41,700
Wisconsin	»	»	»	»	4,800	4,900	4,800	4,900
Vermont	»	»	»	»	4,400	1,700	4,400	1,700
Autres États	»	»	la Virginie Occidentale 1,100	1,100	7,700	19,300	8,800	20,400
Ensemble	679,700	724,400	244,000	289,000	301,800	312,300	1,225,500	1,325,700

La production de l'année 1866 a été consommée dans les proportions suivantes par les établissements de divers genres :

Foyers d'affinage	32,500	tonnes.
Laminoirs	726,000	—
Fonderies	467,000	—
Ensemble, comme ci-dessus	1,225,500	tonnes.

Production de la fonte pendant les années 1854 à 1867.

ANNÉES.	FONTE à L'ANTHRACITE.	FONTE au coke et à la HOUILLE CRUE.	FONTE AU BOIS.— PRODUCTION DES ÉTATS DE				
			Pennsylvanie.	New-York	Ohio.	Michigan.	Missouri.
	Tonnes de 1,000 kilogrammes.						
1854	308,000	49,400	105,200	31,700	»	800	5,300
1855	345,400	56,600	»	»	»	»	»
1856	402,000	63,000	»	»	»	»	»
1857	354,000	70,200	»	»	73,600	»	»
1858	328,000	52,900	»	»	»	»	»
1859	428,000	77,000	»	»	»	»	»
1860	471,000	111,000	»	»	»	»	»
1861	371,000	115,200	»	10,800	»	»	»
1862	426,600	118,500	38,900	»	46,600	»	»
1863	524,000	143 300	»	»	»	»	»
1864	620,400	190,000	»	»	»	»	»
1865	435,000	172,000	»	»	»	»	»
1866	679,700	244,000	52,500	22,600	79,700	32,200	23,300
1867	724,400	289,000	54,500	24,400	81,200	50,500	17,800

Production du fer au bois, par États, en 1866 et 1867.

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	1866.	1867.
	Tonnes de 1,000 kilogrammes.	
Pennsylvanie	28,400	28,800
New-York	21,100	20,500
Massachussets	4,200	4,000
New-Jersey	5,900	5,400
Vermont	1,500	1,400
New-Hampshire	1,200	1,400
Connecticut	700	600
Maine	300	300
Autres États.	3,400	3,900
TOTAUX. . . .	66,700	66,300
Production par le traitement direct du minerai (comprise dans les chiffres ci-dessus).	33,000	32,500

Quantités de fonte et de fer mises en consommation dans les forges, laminoirs et fonderies, en 1866.

			Tonnes de 1,000 kilogr.
Production et Importations.			
Fontes indigènes		1,225,500	
Produit du traitement des minerais au bas-foyer.		33,000	
Produit total obtenu directement du minerai		1.258.500	
A déduire : Produits finis des bas-foyers.		11,000	1,247,500
Fontes d'Écosse			72,500
Vieux fers à remanier	Rails		295,000
	Riquettes indigènes . . .		72,500
	— importées . . .		13.500
Quantité totale mise en consommation . . .			1.701.000
Produit du traitement des minerais au bas-foyer.		33,000	
A déduire : Produits finis livrés directement au commerce.		11,000	22,000
Produit du traitement de la fonte au foyer d'affinage		33,700	
A déduire : Produits finis livrés directement au commerce.		8,700	25,000
Lopins de bas-foyer consommés par les laminoirs			47,000
Répartition de la Consommation :			
Forges . . .	Production	33,700	
	Déchet	11,300	
	Consommation		45,000
Laminoirs . .	Production	931,000	
	Déchet	232,000	
	Consommation	1,163,000	
A déduire : Consommation en lopins de bas-foyers		47,000	1,116,000
Fonderies . .	Fontes indigènes . . .	467,500	
	Fontes d'Écosse . . .	72,500	540,000
Consommation totale, comme ci-dessus . .			1,701,000

Production, par États, et consommation des fers laminés et de l'acier.

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	RAILS.		FERS en BARRES.	TOLES FINES.	GROSSES TÔLES.	FEUILLARDS.	CLOUS et CRAMPONS.	DIVERS.	PRODUCTION TOTALE.	PRODUCTION de L'ACIER.
	1866.	1867.	1866.	1866.	1866.	1866.	1866.	1866.	1866.	1866 (1).
	Tonnes de 1,000 kilogrammes.									
Pennsylvanie	193,000	222,300	107,000	20,000	31,800	10,500	43,000	9,000	414,300	10,200
New-York	53,500	51,300	43,200	500	200	400	6,500	12,800	117,100	900
Ohio	28,900	29,900	38,400	3,300	4,000	2,900	14,200	6,300	98,000	»
Illinois	41,300	40,700	»	»	»	»	»	»	41,300	»
Massachussetts	26,700	24,600	15,000	»	8,300	800	20,600	6,400	77,800	»
New-Jersey	»	»	10,400	»	5,500	400	22,200	5 600	44,100	3,800
Autres États	47,300	50,200	36,500	7,000	15,200	»	(2) 27,500	4,900	138,400	(3) 2,300
Ensemble	390,700	419,000	250,500	30,800	65,000	15,000	134,000	45,000	931,000	17,200
Importations	91,000	?	74,300	16,000	900	8,800	»	20,000	211,000	(4)
Consommation totale (5).	481,700	?	324,800	46.800	65,900	23,800	134,000	65,000	1142,000	»

(1) Non compris l'acier Bessemer dont la production en 1866 (État de New-York), a été insignifiante.
(2) De cette quantité, 12,600 tonnes ont été produites par l'État de la Virginie occidentale.
(3) Produit des États de la Nouvelle Angleterre.
(4) Le chiffre de l'importation de 1866 n'est pas renseigné ; en 1867, elle a été de 19,300 tonnes.
(5) Non compris 12,700 tonnes de fer au bois.

INDUSTRIE DU ZINC.

La fabrication dn zinc aux États-Unis n'a qu'une importance secondaire ; il existait en 1869 cinq ou six usines ; je donnerai quelques détails sur les deux principales d'entr'elles, établies à Newark (New-Jersey) et à Bethlehem (Pennsylvanie). La majeure partie de la production consiste en blanc de zinc, employé comme enduit. La consommation du zinc à l'état métallique est assez restreinte ; il est peu ou point employé comme couverture pour les édifices ; le principal usage du zinc en feuilles paraît être l'emballage des conserves alimentaires, dont la préparation constitue une industrie très-importante.

NEW-JERSEY ZINC COMPANY.

L'usine de cette société est située à Newark, à quelques lieues de New-York. Les mines se trouvent à Franklin et à Ogdensburg, dans le comté de Sussex (État de New-Jersey) ; elles produisent de la Franklinite, des oxydes de zinc, de couleur rouge et des silicates verdâtres. Le minerai, rendu à l'usine, revenait à 35 ou 40 francs la tonne ; sa teneur moyenne en zinc était de 30 p. %; il ne subissait pas de préparation mécanique ; il était seulement broyé en poudre fine.

La compagnie ne donnait de renseignements sur ses opérations qu'avec une extrême réserve ; je dois donc me borner à peu de mots en ce qui concerne la fabrication. La distillation pour obtenir le zinc métallique se faisait par la méthode liégeoise. Quant aux procédés employés pour la préparation du blanc de zinc par le traitement direct du minerai, ils m'ont paru identiques à ceux de l'usine de Bethlehem, dont je parlerai tantôt.

L'usine de Newark comprenait deux demi-hauts-fourneaux pour le traitement des résidus de Franklinite ; ces résidus, contenant 30 p. °|₀ de fer, forment 60 p. °/₀ du poids du minerai employé ; il y avait aussi quelques fours à puddler où l'on fabriquait de l'acier en traitant les fontes produites par les hauts-fourneaux. Ces fontes sont de deux natures différentes ; dans les premiers jours qui suivent l'allumage, les fourneaux marchent au charbon de bois, et produisent des fontes grises propres à l'affinage. Plus tard, l'anthracite est employé comme combustible et l'on obtient des fontes blanches miroitantes, à larges facettes, ressemblant beaucoup extérieurement au ***spiegeleisen*** du pays de Siegen. Les hauts-fourneaux étaient inactifs lorsque j'ai visité l'usine ; on avait dû les éteindre parce qu'on ne parvenait pas à écouler le stock de fonte.

La capacité de production de l'usine de Newark m'a été renseignée comme suit :

Blanc de zinc (82 fours)	6,500	tonnes	par an.
Zinc métallique (8 fours)	1,000	—	—
Fonte de fer (2 fourneaux)	3,600	—	—

LEHIGH ZINC COMPANY.

La petite ville de Bethlehem, sur la rivière Lehigh, est le siége de la compagnie ; l'usine y est établie ; les minerais proviennent des mines de Friedensville, à peu de distance de Bethlehem. N'ayant fait qu'une visite rapide de ces mines, je ne pourrais donner une description précise des gisements, qui étaient, du reste, encore peu reconnus.

Le gîte principal paraît être un filon couché, intercalé dans un massif de calcaire compact dépendant des

terrains inférieurs au terrain silurien ; sa puissance, assez variable, n'est pas de moins de 2 à 3 mètres ; il se compose à peu près entièrement de blende lithoïde à texture compacte ; on trouve exceptionnellement de la blende à gros grains cristallins, à éclat résineux ou sub-vitreux. Dans l'affleurement, épanoui en forme de chou-fleur, la blende se transforme en silicates et carbonates, qui se présentaient aussi, en quantités relativement insignifiantes, dans le corps du filon, aux profondeurs encore peu considérables où il était exploité. Il n'était pas rare de trouver des blocs formés d'un noyau de blende recouvert d'une croûte de minerai oxydé.

Presque toute l'exploitation se faisait à ciel ouvert dans l'affleurement du gîte ; une galerie de reconnaissance, partant du fond de l'une des excavations, était poursuivie dans le corps du filon, qui se présentait sous les meilleures apparences. Le minerai était extrait par des puits ou des plans inclinés. Les travaux étaient asséchés par plusieurs machines à vapeur, dont l'une était à traction directe, d'après l'ancien système dit « *Bull engine*. »

La préparation mécanique était peu compliquée ; on employait deux appareils différents pour le débourbage des calamines et smithsonites ; l'un était un trommel conique, en tôle pleine, de 3 mètres de long, sur $0^{m},75$ et $1^{m},50$ de diamètre, garni intérieurement de dents disposées en spirale ; le minerai, chargé à l'une des extrémités du trommel était lavé par un courant d'eau affluant en sens inverse. Dans l'autre appareil, le minerai arrive dans une auge inclinée, de 4 mètres de long, dans laquelle tourne un tambour en fonte portant sur sa circonférence des dents qui décrivent huit tours d'hélice. Un *round-buddle* convexe et quelques appareils accessoires étaient employés pour le traitement

des schlamms provenant du débourbage. Le prix de revient du minerai, rendu à l'usine, était de 40 à 50 francs les mille k^{os}; ce minerai est très-pur; la seule matière étrangère contenue dans le zinc qui en provient est le fer, dans la proportion de 1 p. °/$_0$ environ.

L'usine comprend la distillation et le laminage du zinc, et la fabrication du blanc, obtenu par le traitement direct du minerai. Les calamines et smithsonites sont préalablement calcinées dans des fours ; les blendes sont grillées en tas à la mine; transportées à l'usine, elles subissent, après broyage, un second grillage dans des fours à réverbère à deux soles superposées.

Les minerais soumis à la distillation se composent principalement de blende ; leur teneur moyenne est de 38 p. °/$_0$; ils sont traités dans des fours liégeois de 128 creusets, chauffés au moyen d'anthracite menu (*pea*), dont la combustion est activée par un courant d'air forcé. La distillation et le laminage du zinc sont conduits par des ouvriers liégeois, d'après les procédés usités en Belgique ; je n'ai rien de particulier à en dire. Voici quelques indications relatives à la préparation de l'oxyde de zinc :

On employe principalement pour cette fabrication des minerais oxydés, à l'état menu ; leur teneur moyenne est de 22 à 23 p. °/$_0$. Après mélange avec 50 p. °/$_0$ de leur poids d'anthracite (*pea*), ils passent sur des cylindres broyeurs ; ils sont ensuite criblés dans un trommel portant une roue élévatrice qui ramène les refus sur le broyeur.

Il existait deux massifs de fours de sublimation. Les figures 55 et 56, pl. XII, représentent en coupe et en élévation une partie de l'un de ces massifs, divisé par des cloisons transversales en 19 chambres rectangu-

laires de $2^{m}50$ de long sur $1^{m},50$ de large, et $1^{m},00$ environ de hauteur, de la grille à la voûte. La grille, placée à $0^{m},60$ au-dessus du sol, est formée de plaques de fonte de $0^{m},13$ de largeur sur $0^{m},04$ d'épaisseur; elle est percée d'un grand nombre de trous coniques ayant 10 millimètres d'ouverture en haut et 25 millimètres en bas. Le cendrier est hermétiquement fermé, l'air y est foulé par un ventilateur. Les fours sont accolés par leurs longs côtés; chacun des petits côtés est percé, au niveau de la grille, d'une porte de chargement et de travail. Au centre de la voûte se trouve un ouvreau par lequel les fumées arrivent dans une galerie collectrice superposée au massif sur toute sa longueur. La surface de grille est de 71 mètres carrés pour les 19 fours; chacun de ceux-ci charge 290 kilos de minerai.

L'autre massif, d'une construction plus ancienne, est disposé à peu près de la même manière; seulement les chambres, au nombre de 20, sont divisées en deux compartiments, de $1^{m},50$ de largeur sur $0^{m},90$ de profondeur, par des cloisons disposées dans le sens de la longueur du massif. Chaque compartiment reçoit 110 k^{os} de minerai ; la surface de grille totale est de 56 mètres carrés.

Un ouvrier fait le service de quatre fours; avant de commencer le traitement d'une charge, il place sur la grille une certaine quantité d'anthracite menu, correspondant à 20 p. % environ du poids du minerai traité ; lorsque le four est suffisamment réchauffé, il introduit le mélange de minerai et de charbon et l'étale sur la grille, en ayant soin d'en ramener une partie vers la porte de chargement, de manière à boucher celle-ci à peu près complétement. Chaque opération, pendant laquelle le minerai doit être râblé de temps en temps, dure quatre heures. Le résidu retient de 1 ½ à 3 p. % de zinc.

Les fumées produites passent par une série de chambres et de conduits où elles se purifient par le dépôt des poussières entraînées et se refroidissent graduellement; elles arrivent en dernier lieu aux chambres de dépôt, où l'oxyde de zinc est recueilli dans de longs sacs en toile de coton. Les figures 53 et 54, pl. IX, représentent sommairement l'ensemble de la disposition.

Les fumées provenant des deux massifs A et B se réunissent dans une chambre C de 3 mètres de côté sur 4 mètres de hauteur; un conduit incliné les amène à une tour D où commence l'épuration. Je dois signaler ici quelques dispositions de détail qui exercent, paraît-il, une influence notable sur la qualité du produit obtenu. Ainsi on considère comme avantageuse la forme coudée, tout accidentelle, du conduit qui reçoit les fumées à la sortie de l'ancien massif B. On a remarqué aussi, à la suite d'un affaissement de la maçonnerie à la sortie de la chambre C, que les remous produits par l'étranglement de la section en ce point facilitaient le dépôt des crasses entraînées; c'est pourquoi on y a établi un registre (fig. 55). Enfin, on fait arriver dans le conduit incliné un filet d'eau qui s'écoule dans la chambre C en sens inverse du courant des fumées; la vapeur d'eau entraînée par celui-ci contribue à rendre l'épuration plus complète.

La tour D, de 24 mètres de hauteur, a une section circulaire de 6 mètres de diamètre ; les fumées s'élèvent jusqu'au sommet et redescendent par un conduit carré E, de section moindre que la tour, à laquelle il est accolé. Au pied du conduit descendant est établi un ventilateur à force centrifuge, F, qui aspire les gaz et les fumées et les refoule dans une chambre en maçonnerie G, de 24 mètres de long sur 12 mètres de large et 9 à 10 mètres de hauteur. Le courant de gaz et de

fumées est introduit au bas de la chambre à l'une de ses extrémités, et sort par le haut à l'autre extrémité; c'est là que se déposent la plus grande partie des impuretés, elles sont recueillies dans un chenal formé de deux plans inclinés en tôle, qui ferment la chambre par dessous. Le fond de ce chenal, disposé suivant la longueur de la chambre, est percé d'orifices de décharge par lesquels on retire les crasses de temps à autre. La chambre G contient en outre un séchoir dont je parlerai tantôt.

Les appareils de dépôt du blanc ont une surface totale d'environ 13,000 mètres carrés; ils sont établis dans deux chambres en maçonnerie, des deux côtés de la chambre de refroidissement G ; de la partie supérieure de celle-ci part latéralement un tube horizontal en tôle, de $1^m,20$ de diamètre, sur lequel s'embranchent à angle droit seize autres tubes horizontaux de $0^m,80$ de diamètre ; chacun de ceux-ci porte par dessous 24 tubulures auxquelles sont suspendues verticalement les manches en coton qui reçoivent l'oxyde de zinc. Ces manches ont $0^m,60$ de diamètre et 8 mètres de longueur; elles sont fermées en bas par une ligature que l'on dénoue pour le déchargement; un tronçon de cylindre, en fine toile métallique, est souvent interposé entre la manche et la tubulure qui la supporte, dans le but de faciliter le dégagement des gaz, qui sans cela brûlent quelquefois les toiles de coton; par contre, l'oxyde de zinc étant d'une excessive ténuité, il s'en échappe une certaine quantité à travers le tissu métallique.

Le blanc de zinc, avant d'être livré au commerce doit subir quelques opérations subsidiaires, qui sont : le séchage, le brisage et le cylindrage.

Le séchage dure 48 heures; il se fait dans une grande caisse en tôle qui pénètre dans l'intérieur de la

chambre de refroidissement ; on utilise ainsi une partie de la chaleur abandonnée par les gaz.

Le blanc est ensuite jeté dans un pétrin vertical dont l'arbre porte des bras disposés en hélice pour briser les mottes.

Le cylindrage s'opère au moyen d'une espèce de laminoir formé d'un rouleau en bois et d'une table mobile ; les sacs contenant l'oxyde de zinc sont placés au nombre de trois à la fois sur la table ; ils passent et repassent sous le rouleau jusqu'à ce qu'ils soient réduits au tiers de leur épaisseur primitive. Cette opération a pour but de donner de la cohésion au blanc de zinc en expulsant l'air qui y est retenu.

Il ne reste plus ensuite qu'à emballer le produit dans des tonnelets en bois garnis de papier à l'intérieur.

L'usine de Bethlehem pouvait produire annuellement :

1,400	tonnes	de zinc brut.
750	—	de zinc laminé en feuilles.
2,200 à 2,300	—	de blanc de zinc.

Le blanc de zinc se vendait de 65 à 75 francs les cent kilogrammes, prix un peu supérieur à celui du blanc de Newark. Pour le zinc métallique, le prix de vente atteignait 92 francs aux cent kilos, tandis que le zinc de provenance européenne n'obtenait à la même époque que 72 francs.

EXPLOITATION DU CUIVRE NATIF.

Je n'entrerai pas dans de grands détails sur les mines de cuivre natif du lac Supérieur ; je n'ai fait qu'une excursion très-rapide dans cette région et n'ai pu visiter qu'un petit nombre de mines, les moyens de com-

munication étant des plus primitifs. Les Annales des mines de France ont publié deux mémoires de M. Rivot (1) où ces mines sont l'objet d'une étude très-complète, notamment au point de vue géologique ; je me dispenserai de revenir sur ce qui y est exposé et me bornerai à donner quelques renseignements sur les exploitations, en rappelant quelques points généraux nécessaires à l'intelligence de ce que j'ai à dire.

Les gisements de cuivre natif sont situés sur la côte méridionale du lac Supérieur, suivant une bande étroite et allongée qui part de l'extrémité nord-est de la presqu'île de *Keweenaw point* et s'étend vers le sud-ouest jusque dans l'intérieur des terres. D'après une carte publiée en 1864 par MM. Booth et Hulbert, le développement total de la zône dans laquelle des gisements ont été reconnus est de 30 à 40 lieues.

On distingue trois districts d'exploitation : celui dit de Keweenaw, à l'extrémité de la presqu'île, celui d'Ontonagon, situé sur la terre ferme à l'autre extrémité de la formation, et le district du lac Portage, compris entre les deux précédents. Ce dernier district était à peine connu, et n'était presque pas exploité à l'époque à laquelle se rapportent les mémoires de M. Rivot ; il a pris depuis un développement assez considérable.

L'ensemble de la formation se compose essentiellement de grès, dit « *Potsdam sandstone* », de conglomérat et de trapp ; il existe trois variétés de cette dernière roche : le trapp cristallin, généralement stérile, le trapp amygdaloïde, caractérisé par l'existence de cavités remplies de matières étrangères (quartz, calcaire, etc.), et le trapp ordinaire, désigné par M. Rivot sous le nom de trapp compact. Le trapp a été

1) 5e série, tome 7, page 173 et tome 10, page 365.

longtemps considéré comme une roche d'origine ignée, ainsi que l'indique le nom qui lui a été donné ; les géologues américains admettent généralement maintenant que c'est une roche sédimentaire ayant subi une action métamorphique très-intense ; cette manière de voir, émise, je crois, pour la première fois par M. Rivot, paraît justifiée par la stratification régulière des terrains.

Les circonstances de gisement dans lesquelles on trouve le cuivre métallique sont variables ; dans certaines mines il forme des blocs plus ou moins considérables, incrustés dans des filons qui traversent la formation. Dans d'autres mines, notamment dans le district du lac Portage, le cuivre se présente en grenailles disséminées dans certains bancs de roche, généralement dans l'amygdaloïde, exceptionnellement dans le conglomérat.

Je citerai parmi les mines de cette dernière catégorie celles de Hekla et Calumet, ouvertes il y a quelques années et qui paraissaient devoir donner des résultats brillants. Elles sont situées au village de Calumet, à trois lieues au nord de la petite ville de Houghton-Hancock, sur le lac Portage.

La couche exploitée a une ouverture totale de $3^m,30$; elle se compose d'un conglomérat rouge, formé de cailloux de grès avec peu de ciment ; un banc de grès rouge, stérile, d'une faible épaisseur, y est intercalé. Le toit est un trapp compact, absolument stérile, et le mur un trapp amygdaloïde contenant trop peu de cuivre pour être exploité. Le conglomérat contient une proportion de métal qui peut, dans certaines parties, aller jusqu'à 20 ou 25 p. °/₀ ; elle est en moyenne de 4 $^1/_2$ p. °/₀ ; c'est une teneur très-rémunératrice, car dans d'autres mines on considère comme exploitables des roches qui ne contiennent que 2 à 2 $^1/_2$ p. °/₀ de cuivre.

L'exploitation se fait par des puits espacés de 120 à 180 mètres et creusés suivant l'inclinaison de la couche, qui est d'environ 38° au Nord-Ouest. Cette disposition des puits est généralement adoptée dans toutes les mines; deux puits sont desservis par une seule machine d'extraction, placée au milieu, dans l'alignement de leurs orifices; le piston du cylindre moteur attaque les tambours sur lesquels s'enroulent les cordes par l'intermédiaire de roues de friction à gorges côniques multiples. Un seul cuffat, ou *skeep*, circule dans chaque puits; il se culbute automatiquement par une disposition semblable à celle que représentent les fig. 13 et 14, pl. VI. De la reçette de chaque puits, établie à une grande hauteur au-dessus du sol, part un pont qui décrit un quart de cercle pour aboutir à l'atelier de concassage commun aux deux puits. Un wagon, mû par une corde sans fin, circule sur le pont pour recevoir les roches déchargées par le cuffat et les déverser sur un plan incliné à l'atelier de concassage.

A la mine Hekla la profondeur de l'exploitation, mesurée suivant la pente des bancs, était de 82 mètres; trois étages, de 27 mètres de hauteur, étaient en activité; on laissait à chaque étage un massif de 3 mètres d'épaisseur. On préparait l'exploitation en poussant des galeries d'allongement de 2 mètres de largeur; l'abattage se faisait en revenant par des tailles (*stopes*) de six mètres de largeur. Voici un aperçu des prix payés en 1868 :

Puits d'extraction ($3^m,60 \times 2^m,45$). .	le mètre courant	400 à 600 frs
Trouées d'aérage (*Wins*).	»	200 à 400 »
Galeries de préparation ($2^m,00 \times 1^m,80$).	»	175 à 275 »
Abattage.	le mètre cube	13 à 18 »

Dans ces conditions un mineur gagnait en moyenne

8 francs par jour. La production journalière de la mine Hekla pouvait s'élever à 200 tonnes de roche, soit à 4 $^{1}/_{2}$ p $^{0}/_{0}$, 9 tonnes de cuivre; le prix de revient du métal, rendu à New-York, était de frs 0 95 le kilogramme; le prix de vente à la même époque était de 2 francs.

La mine de la Cie « *Pittsburg and Boston* », dite *Cliff mine,* est la plus riche ou une des plus riches du pays; on y exploite principalement le cuivre en blocs. Le terrain se compose d'une alternance de bancs de trapp compact et de trapp amygdaloïde, recouverts d'une grande épaisseur (environ 180 mètres), de trapp cristallin. Les bancs inclinent vers le nord de 24°. La formation est traversée à peu près à angle droit par un filon composé en grande partie de spath calcaire; sa puissance, très-variable, est en moyenne de 0^m,30 à 0^m,90; il est considéré comme stérile dans le trapp cristallin; dans les trapps compact et amygdaloïde il contient une assez grande quantité de grenailles de cuivre; on y rencontre à intervalles irréguliers des blocs de cuivre dont le volume est très-variable; dans les premiers temps de l'exploitation ce volume était souvent très-considérable; on a trouvé un bloc, le plus gros, je pense, qu'on ait vu, qui pesait 200 tonnes et que l'on a exploité pendant plusieurs années. A mesure de l'approfondissement de la mine le volume des blocs est allé en diminuant; j'en ai vu exploiter un dont on évaluait le poids de 2 $^{1}/_{2}$ à 3 tonnes.

Les blocs de cuivre sont de forme aplatie et d'une épaisseur relativement faible; ils traversent ordinairement le filon sous une légère obliquité et leurs extrémités, toujours plus ou moins ramifiées, sont enchevêtrées dans les roches encaissantes

Les produits de la mine sont amenés au jour par

deux puits : l'un sert à l'extraction du cuivre en blocs, l'autre contient deux « *skeeps* » guidés et un « *man-engine* » pour la translation des ouvriers. En 1868, trois étages d'exploitation étaient en activité, aux profondeurs de 256, 275 et 292 mètres. Des galeries d'allongement étaient poussées à chaque niveau ; la roche du filon était exploitée par gradins renversés dans l'intervalle de deux niveaux consécutifs.

L'abattage du cuivre en blocs présente d'assez grandes difficultés, le métal étant enchevêtré dans la roche stérile. La première opération consiste à dégager la masse ; pour cela on creuse une galerie dans la roche sur un des côtés du bloc et on pratique derrière une grande chambre de mine dans laquelle on introduit une charge de poudre de 100 à 150 kilog. ; la charge va même quelquefois jusqu'à 225 kilog. L'effet de ces mines, dites « *sand blast* », est de désagréger les roches adhérentes au métal, ce qui permet de mettre celui-ci à nu sur toute sa surface. Il reste alors à découper le bloc en morceaux de dimensions convenables au moyen de rainures creusées au travers en allant de haut en bas. Trois ouvriers sont employés pour creuser ces rainures ; l'un d'eux tient un long ciseau sur lequel les deux autres frappent à coups de marteau.

Les prix d'abattage étaient réglés comme suit :

Galeries d'allong[t]. (*drift*), de $1^m,40 \times 2,10$	trapp, le m. cour.	110 à 140 frs	
	amygdaloïde »	210 à 225	»
Abatage en taille (le mètre d'avancement)	trapp »	190 à 210	»
	amygdaloïde »	435	»

Le découpage du cuivre est payé par pied courant de rainure, mais il me serait impossible d'indiquer le prix, qui varie d'après l'épaisseur du bloc à entailler. Le salaire journalier du mineur était coté à frs 6 50 environ.

La production annuelle de *Cliff mine* était d'environ 1000 tonnes de cuivre et 20,000 à 25,000 francs d'argent. A des époques antérieures la production en cuivre s'est élevée jusqu'à 1,600 et 1,800 tonnes par an.

PRÉPARATION MÉCANIQUE.

La plupart des mines ont comme dépendance un atelier de préparation mécanique (*stamping-mill*), pour séparer des roches stériles le cuivre qui s'y trouve disséminé à l'état de grenailles. Au sortir de la mine les roches passent par le concasseur à mâchoires, connu sous le nom de « *Blake's breaker* » ; elles sont ensuite bocardées, puis triées par divers appareils. Parfois les roches sont soumises à la calcination avant de passer à la préparation.

On employe quelquefois pour le bocardage de petits pilons disposés en batteries ; à *Cliff mine*, par exemple, 24 à 36 pilons étaient en activité pour le traitement des roches cuprifères, dont la production était, du reste, relativement faible. On préfère en général un autre système qui me paraît essentiellement américain : chaque atelier comprend deux ou quatre pilons (*stamps*), d'une grande puissance, indépendants l'un de l'autre et activés chacun par une machine à vapeur spéciale à action directe. Le cylindre, placé verticalement à une hauteur de sept mètres environ au-dessus du sol, est maintenu entre deux pièces de bois de $0^m,40$ d'équarrissage qui règnent sur toute la hauteur du bâtiment. La tige du piston s'attache à une tige en fonte de $0^m,18$ à $0^m,20$ de diamètre, guidée verticalement par des pièces fixées à la charpente et terminée à son extrémité inférieure par un sabot carré en fonte de $0^m,45$ de côté sur $0^m,20$ d'épaisseur. Ce pilon, dont la course est de $0^m,60$, vient battre dans une auge en fonte

formée d'un tronçon de cylindre, de $0^m,90$ de diamètre et $0^m,50$ de hauteur, placé sur deux taques superposées, de $0^m,20$ d'épaisseur chacune, qui forment le fond, et reposent sur un plancher élastique en charpente. L'auge est surmontée d'une cuve rectangulaire en bois, d'un mètre de hauteur; deux côtés opposés de cette cuve sont verticaux; les deux autres sont inclinés et convergent vers le bas; ils sont garnis de tôles percées de trous de 5 millimètres de diamètre.

Le minerai est introduit dans la cuve à intervalles fréquents, et arrosé continuellement d'une grande abondance d'eau. Le pilon donne de 90 à 100 coups par minute; ces chocs violents et répétés impriment à l'appareil un fort mouvement de trépidation qui produit une agitation continuelle des matières contenues dans la cuve; les matières suffisamment broyées sont ainsi mises en suspension dans l'eau et s'écoulent immédiatement à travers les tôles perforées pour se rendre aux appareils de triage; le reste continue à subir l'action du pilon jusqu'à ce que le degré de ténuité voulu soit atteint.

Le travail produit par ces appareils paraît être très-satisfaisant; un seul « *stamp* » peut bocarder 50 tonnes de minerai par journée de 10 heures. Différentes dispositions sont adoptées pour la distribution de la vapeur au cylindre moteur, en vue d'augmenter l'effet utile : dans certains appareils, le tiroir de distribution est activé par le moteur des appareils de triage, par l'intermédiaire d'une courroie de transmission et d'une paire d'engrenages elliptiques à mouvement varié; la violence du choc est ainsi augmentée. Certains constructeurs préfèrent faire commander le tiroir par l'appareil même; le mouvement varie alors suivant la plus ou moins grande quantité de minerai chargée dans la cuve et cesse entièrement lorsque les ouvriers négligent

d'alimenter celle-ci. Il paraît qu'il résulte de cette dernière disposition une augmentation très-notable de la quantité traitée par jour.

Les appareils employés pour le triage consistent principalement en « *setzkasten* ». Les produits secondaires sont traités au caisson allemand et sur des tables Brunton à toile sans fin, en cuir ou en caoutchouc.

Il existe différents systèmes de *setzkasten;* ce sont très-souvent des caisses à piston latéral, disposées par groupes de quatre; le courant d'eau chargé de minerai arrive au-dessus de la grille; en même temps, un courant d'eau pure est introduit par dessous. Dans certains établissements, l'appareil est disposé de manière à obtenir l'écoulement continu du métal par un trou percé au milieu de la grille.

On employe aussi des setzkasten en forme de pyramide renversée; une des parois est garnie, en-dessous du niveau de la grille, d'un diaphragme en caoutchouc auquel on imprime un mouvement rapide d'oscillation.

Enfin, j'ai vu employer dans quelques ateliers de véritables cribles à secousses, suspendus à quatre chaînettes, et auxquels la machine motrice donnait un mouvement de trépidation.

Voici quelques données sur l'atelier de préparation de *Columbia mine,* à Houghton, données qui s'appliquent, du reste, d'une manière générale, à tous les « *stamping mills* ».

L'atelier présente quatre étages disposés en gradins; à l'étage supérieur sont établis deux grands bocards de chacun desquels dépend une série d'appareils de classement. Le second étage porte huit groupes de quatre *setzkasten*, le troisième, quatre groupes semblables et quatre tables Brunton, placées sur les deux côtés. Au niveau inférieur se trouvent deux grands bacs de dépôt et deux caissons allemands.

Les minerais bocardés passent successivement sur quatre *setzkasten* dont les grilles présentent des mailles de plus en plus fines. Les eaux qui s'échappent de la dernière série de *setzkasten* se rendent aux bacs de dépôt; le trop-plein de ceux-ci est relevé par des pompes et conduit sur les tables Brunton ; les schlamms qui s'y déposent sont enrichis dans les caissons allemands.

Le personnel employé pour le service se compose, pour chaque bocard et les appareils qui en dépendent, de :

Un contre-maître.

Un mécanicien.

Deux hommes pour l'alimentation des bocards.

Deux gamins pour le service des *setzkasten*.

Un homme et un gamin pour le travail du caisson allemand.

La richesse en métal des produits finis de la préparation mécanique varie de 60 à 90 p. °/₀, et est en moyenne d'environ 84 p. °/₀. Ces produits sont envoyés à Détroit (Michigan), ou à Pittsburg, où existent des usines pour la fusion du cuivre.

Les chiffres qui suivent, empruntés à une statistique publiée par M. H. Mac-Kenzie, de Houghton, permettront d'apprécier la situation des exploitations de cuivre natif.

La production des mines des trois districts en 1867 a été comme suit :

DISTRICT DE KEWEENAW.		DISTRICT DU LAC PORTAGE.		DISTRICT D'ONTONAGON.	
NOMS DES MINES.	Production en tonnes de 1,000 kilog.	NOMS DES MINES.	Production en tonnes de 1,000 kilog.	NOMS DES MINES.	Production en tonnes de 1,000 kilog.
Copper falls	986	Pewabic	1,065	Evergreen-Bluff.	299
Pittsburg et Boston . . .	824	Quincy.	1,015	National	294
Central.	711	Franklin	873	Minnesota	260
Pennsylvania	282	Calumet	536	Knowlton	172
Phœnix	204	Huron	510	Ridge	117
Bay state.	158	Isle royale.	461	Rockland	77
Saint-Clair.	106	Hancock.	318	Ogima	54
Amygdaloïd	98	Hekla	302	Caledonia	45
Aetna	53	Shelden-Columbia	286	Superior.	38
Madison	14	Grand Portage.	282	Flint steel river	13
Eagle river.	5	Albany et Boston	60		
Clark.	5	Concord	43		
Mendota	2	Douglass.	42		
		South-Pewabic	35		
Totaux	3,448		5,828		1,369
Année 1866 . . .	2,742		5,126		1,544

Les tableaux suivants renseignent, d'une part, la production par année, depuis le commencement de l'exploitation, d'autre part, le chiffre total des capitaux immobilisés et des dividendes distribués depuis la même date :

ANNÉES.	PRODUCTION EN TONNES DE 1000 k.	DÉNOMINATION DES MINES.	TOTAL DES CAPITAUX IMMOBILISÉS.	TOTAL DES DIVIDENDES DISTRIBUÉS.
de 1845 à 1854	6,932		Francs.	Francs.
de 1855 à 1857	10,261	Copper falls . .	1,862,000	228,000
1858	3,175	Pittsburg Boston	418,000	8,664,000
1859	3,809	Central	380,000	912,000
1860	5,443	Pewabic . . .	703,000	1,444,000
1861	6,713	Quincy	760,000	2,888,000
862	8,220	Franklin . . .	1,216,000	836,000
1863	7,754	National . . .	418,000	1,064,000
1864	7,685	Minnesota . . .	1,581,000	6,688,000
1865	9,788	104 autres mines.	54,414,000	»
1866	9,412	TOTAUX. .	61,752,000	22,724,000
1867	10,645			

CONSTRUCTIONS EN FER.

L'emploi du fer dans les constructions a pris une grande extension aux États-Unis depuis un certain nombre d'années, surtout pour les ponts de chemins de fer. On trouverait là un ample sujet d'études ; je n'y ai pas consacré assez de temps pour pouvoir traiter la question d'une manière quelque peu étendue ; je veux cependant donner ici une description sommaire de quelques-unes de ces constructions que j'ai eu l'occasion de voir.

CHARPENTE DE LA GARE DE CLEVELAND.

La gare des chemins de fer *Lake Shore et Michigan-Sud*, à Cleveland (Ohio), a 182 mètres de longueur sur 55 mètres de largeur, en dedans des murs ; elle est couverte par une charpente dont les fermes, espacées de $3^{m},65$ d'axe en axe, se composent d'une poutrelle en fer et fonte, faisant office d'arbalétrier, consolidée par un système de tirants. Cette poutrelle (fig. 60, Pl. XII) est formée de deux parties latérales droites, inclinées d'environ 26° sur l'horizon, reposant sur des murs en pierre de $0^{m},70$ d'épaisseur, et raccordées par une partie centrale en arc de cercle.

La poutrelle (fig. 59) est faite d'une série de croisillons en fonte, représentant les diagonales d'un carré de $0^{m},55$ de côté, embrassés par deux fers plats, l'un, en-dessous, de 11 millimètres d'épaisseur, l'autre, au-dessus, de 14 millimètres. Ces fers ont $0^{m},15$ de largeur ; ils sont serrés sur les croisillons, à chacun des joints de ceux-ci, par deux boulons de 19 millimètres, qui emboîtent les croisillons de manière à en empêcher le déplacement dans le sens latéral. À chaque extrémité de la poutrelle, les deux fers plats se réunissent

en formant un triangle dont un côté, horizontal, repose sur le mur.

Les deux pieds de la poutrelle sont réunis par un entrait AA en fer plat, se divisant en cinq parties : la partie centrale CC, un peu plus longue que les autres, consiste en une barre ; les deux parties BC sont formées de deux barres accolées et les portions extrêmes AB de trois barres. Un poussard en bois, dont l'extrémité supérieure prend appui sur la poutrelle en D, repose en B sur l'entrait. Le point B est relié par un tirant en fer plat à l'extrémité d'un faux-entrait EE, et celle-ci, par des tirants en fer rond, à l'arbalétrier en F et en G et à l'entrait en C.

Les tirants en fer plat qui entrent dans la charpente ont 51 $^m/_m$ de largeur sur 19 $^m/_m$ d'épaisseur. Les figures 61 à 64, pl. XIII, représentent la manière de les assembler : leurs extrémités sont forgées en crochets qui s'emboîtent l'un dans l'autre et sont maintenus ensemble par un petit manchon. Les tirants en fer rond, de 22 $^m/_m$ de diamètre, sont doubles; ils s'assemblent à leurs extrémités, au moyen de boulons, sur une barre transversale, de manière à former un étrier qui s'accroche aux joints des tirants plats.

PONT TOURNANT SUR LA RIVIÈRE CUYAHOGA A CLEVELAND.

La largeur de cette rivière est d'environ 43 mètres; le pont tournant établi pour le service du chemin de fer *Lake shore* a 94 mètres de longueur totale ; il est fixé en son milieu sur un cylindre en fonte de 7^m,30 de diamètre, reposant sur des galets qui roulent dans une ornière circulaire en fonte. Une petite machine à vapeur attaquant par l'intermédiaire d'un pignon une couronne dentée fixée sur le cylindre qui supporte le pont, sert à la manœuvre de celui-ci.

Deux poutrelles-treillis constituent la charpente du pont: chacune d'elles (fig. 65, pl. XIII), se compose de deux longerons réunis par des montants rigides disposés verticalement à $3^{m},90$ l'un de l'autre. Le tout est consolidé par des tirants croisés, comme l'indique la figure.

Le longeron inférieur est horizontal, le longeron supérieur est légèrement arqué; la hauteur totale du treillis est de $7^{m},60$ au milieu et de $6^{m},40$ aux extrémités. Les deux longerons sont identiques quant à leur construction et disposés symétriquement; les figures 67 et 68 représentent le longeron inférieur; il se compose de quatre cours de poutrelles en fer laminé, rivées par leurs bords supérieurs à trois fers plats superposés. Les diverses poutrelles d'un même cours sont réunies entr'elles par des éclisses rivées, de sorte que tout le longeron ne forme qu'une pièce d'un bout à l'autre. Les deux poutrelles placées à l'intérieur sont des doubles T symétriques, de $0^{m},20$ de hauteur totale et $0^{m},10$ de large Les deux poutrelles latérales sont en forme de double L, de même hauteur et de $0^{m},05$ de large. Les trois plaques qui forment la face supérieure du longeron (ou la face inférieure du longeron du dessus), ont ensemble 25 millimètres d'épaisseur et une largeur de $0^{m},48$.

Les montants sont en fer laminé; leur section est à peu près circulaire (fig. 69 et 70, pl. XIII); ils sont formés de fers profilés un peu courbés et rivés ensemble par leurs bords; des bagues enfilées sur les rivets maintiennent les bords à la distance voulue; le diamètre des montants est de $0^{m},25$ au milieu et $0^{m},20$ aux extrémités. Les montants placés au centre et aux angles du pont, construits, du reste, de la même manière que les autres, ont une section uniforme, représentant un octogone de $0^{m},38$ de diamètre au cercle inscrit.

Les extrémités des montants s'emboîtent dans des socles en fonte fixés sur les longerons. Ces socles sont représentés en élévation dans les fig. 69 et 70, et en plan par la figure 71.

Les tirants qui complètent le treillis sont en fer rond ; ils varient en diamètre de 32 à 67 millimètres ; ils relient le pied d'un montant avec le sommet d'un autre, en franchissant un montant intermédiaire ; les montants des extrémités et du milieu sont en outre reliés aux montants immédiatement voisins par des tirants formant les diagonales du rectangle. Les tirants sont doubles dans un sens et simples dans l'autre ; ils traversent le longeron dans l'intervalle des poutrelles, et sont fixés en dessous, par des écrous, sur une pièce en fonte, de 0^{m},25 de largeur, présentant des rainures qui embrassent le pied des poutrelles. La figure 72 représente en plan l'une de ces pièces, qui est également indiquée dans les fig. 67 et 68.

Les deux poutrelles-treillis sont reliées en haut et en bas par des poussards en fer rond, de 0^{m},09 de diamètre, et par des tirants croisés dont la figure 66 indique la disposition ; ils s'attachent, dans le prolongement des montants, à la même pièce de fonte où sont fixés les tirants du treillis ; cette pièce porte, vers l'intérieur, deux oreilles correspondant à des oreilles venues de forge sur le poussard ; deux boulons, traversant ces oreilles, servent en même temps à réunir le poussard à la pièce de fonte et à attacher les tirants, formés de fer ronds de 25 millimètres environ de diamètre. Indépendamment des poussards et des tirants, les montants du milieu et des extrémités sont reliés ensemble, à leur sommet et à leur pied, par des poutrelles en fonte.

Le tablier du pont est supporté par des poutrelles transversales, en fer laminé, de 0^{m},20 de hauteur, reposant sur le longeron inférieur.

PONT DE WILMINGTON.

Les ponts en fer tout-à-fait rigides, comme celui dont je viens de parler, ont l'inconvénient de ne se prêter qu'imparfaitement au jeu de la dilatation résultant des variations de la température; cet inconvénient est peut-être plus sensible qu'ailleurs aux États-Unis, où cette variation se fait dans des limites très-étendues; aussi a-t-on généralement adopté pour la construction des ponts en fer un système qui, tout en assurant à l'ensemble de la construction la stabilité nécessaire, admet dans une certaine mesure le jeu libre des diverses parties ; il consiste à employer un longeron supérieur (*top chord*) rigide et un longeron inférieur articulé (*link bottom chord*), reliés l'un à l'autre par des montants rigides et par des tirants. Des dispositions différentes sont adoptées pour réaliser ce principe; voici quelques détails sur un pont construit à Wilmington (Illinois), par M. Boomer, de Chicago :

Les figures 73 et et 74, pl. XIV, représentent l'élévation et le plan d'une travée de ce pont, établi obliquement au cours de la rivière, avec lequel il fait un angle d'environ 57 degrés. Le longeron supérieur, d'une portée de 31^{m},70, est formé de huit caissons en fonte de 3^{m},96 de longueur ; la section de ces caissons est rectangulaire, de 0^{m},25 de hauteur sur 0^{m},30 de largeur (fig. 75 et 76) ; les parois latérales sont pleines; elles ont deux centimètres d'épaisseur ; les parois supérieure et inférieure n'ont qu'un centimètre d'épaisseur et sont évidées à jour. L'intérieur du caisson est divisé par des cloisons transversales d'un centimètre d'épaisseur, les unes pleines, les autres évidées, espacées de 0^{m},23. Les caissons se terminent des deux côtés par une partie un peu élargie ouverte à l'extrémité et par-

dessous, qui sert à les réunir l'un à l'autre; ces parties s'assemblent bout à bout, de manière à former une caisse ouverte par le bas, dans laquelle s'adapte une boîte en fonte servant d'éclisse. Deux boulons fixent l'éclisse aux bouts des longerons et servent en même temps à maintenir sur le dessus de ceux-ci des fers-équerre pour fixer les poutrelles transversales. A chaque joint de deux caissons, ceux-ci et la boîte éclisse sont traversés par un fort boulon — 64 millimètres de diamètre — qui sert de cheville (*pin*) pour assembler avec le longeron les montants et les tirants. Les montants sont au nombre de dix par travée, de chaque côté; les deux montants extrêmes sont verticaux; les autres sont inclinés d'environ 70° sur l'horizon et disposés symétriquement sur les deux moitiés de la portée. L'extrémité supérieure de chaque montant correspond à un joint du longeron supérieur, et s'y assemble avec deux tirants qui la relient, d'un côté avec le pied du montant voisin, de l'autre avec le pied du deuxième montant suivant; ces tirants sont, le premier en fer rond, de 38 à 51 $^m/_m$ de diamètre, le second en fer plat de 64 × 19 millimètres, sauf pour le second tirant à partir de la pile, qui a 64 × 44 millimètres, et le premier, qui a 64 × 22 millimètres; celui-ci relie le sommet du montant extrême au pied du premier montant incliné.

Les montants sont des caissons en fonte, d'une pièce, divisés à l'intérieur par des cloisons transversales espacées de $0^m,25$; les deux parois parallèles à la longueur du pont sont pleines; elles ont de 13 à 25 millimètres d'épaisseur; les deux autres sont évidées; leur épaisseur est de 13 millimètres, leur largeur est uniforme sur toute la longueur. Les fig. 77 et 78 représentent un montant extrême, de $5^m,94$ de longueur; il se termine en tête de bielle à sa partie supérieure; deux de

ces montants sont arrondis par le bas, de manière à pouvoir osciller légèrement autour de la cheville qui les fixe à un socle en fonte assujetti sur la pile ; les deux autres, placés à deux angles opposés, se terminent carrément. Les montants inclinés sont construits de la même manière que les montants verticaux ; l'épaisseur de leur section est moindre, et ils ont une forme symétrique des deux côtés de leur point milieu, où se trouve la plus grande largeur de la section ; ils se terminent aux deux bouts en tête de bielle ; la longueur, de centre à centre de l'œil, est de $6^m,26$; la largeur au milieu varie de $0^m,14$ à $0^m,25$; la largeur au bout est de $0^m,07$.

Le longeron inférieur est une chaîne (*link*) formée de barres plates placées de champ (fig. 79 et 80). Ces barres ont une section de 64 × 19 millimètres ; elles se terminent à leurs deux bouts par des œillets d'accouplement ; elles sont articulées entre elles, et avec le pied des montants et des tirants, par des boulons de 64 millimètres de diamètre, qui traversent ces œillets ; la longueur de chaque barre, de centre à centre des œillets, est de $3^m,96$. Le nombre de barres placées côte-à-côte est, au milieu, de six, et de quatre pour les deux intervalles suivants, de chaque côté ; les pieds des deux derniers montants sont réunis par deux barres embrassant un sommier plat, en fonte, sur lequel elles sont boulonnées ; enfin, le pied du dernier montant incliné est relié au pied du montant extrême seulement par un sommier en fonte articulé à ses deux bouts de la même manière que les barres en fer plat. La figure 80 représente la forme des sommiers en fonte, qui sont évidés à jour ; leur largeur est de $0^m,35$ environ ; l'épaisseur est de 140 millimètres pour le premier, qui n'a que 2 mètres de longueur, et de 64 $^m/_m$ pour le second.

Les deux côtés du pont sont réunis entr'eux, au-dessus et en dessous, par un système de poutrelles transversales et de tirants horizontaux. Au dessus, une poutrelle double T, de $0^{m},15$ de hauteur, correspond à chaque joint des longerons; ses deux bouts sont emboîtés par des fers équerre boulonnés sur les longerons; un boulon maintient la poutrelle entre les deux équerres, et fixe en même temps, entre celles-ci et l'âme de la poutrelle, les extrémités de tirants en fer rond, de 25 $^{m}|_{m}$ de diamètre, disposés suivant les diagonales des parallélogrammes. A la partie inférieure, qui reçoit le tablier, il y a à chaque joint deux poutrelles en fer laminé, de $0^{m},30$ de hauteur, accolées et suspendues par dessous au longeron inférieur au moyen de deux brides enfilées sur la cheville, et fixées entre les deux poutrelles (fig. 81), par un boulon qui sert en même temps d'attache aux extrémités des tirants. Ceux-ci sont en fer rond de 19 $^{m}/_{m}$ de diamètre ; ils sont disposés de la même manière que ceux qui réunissent les deux longerons supérieurs. La fig. 82 montre comment les tirants horizontaux s'assemblent sur un anneau en fer, au centre des parallélogrammes.

PONTS SUSPENDUS.

Un des reproches les plus graves que l'on puisse faire aux ponts suspendus, tels qu'ils sont ordinairement construits, c'est leur manque complet de rigidité. Après avoir longuement étudié cette question, M. John A. Roebling, ingénieur américain, mort il y a environ deux ans, est arrivé à un ensemble de combinaisons par lesquelles on obtient pour les ponts suspendus une grande stabilité. Les ponts construits par M. Roebling sont suspendus à des câbles en fil de fer; les traits caractéristiques de son système résident principale-

ment dans le mode de fabrication des câbles et dans les dispositions prises pour assurer la rigidité de la construction.

M. Roebling admet d'abord que la multiplicité des câbles de suspension, en empêchant toute solidarité entr'eux, est un obstacle absolu à la solidité de l'ensemble. Il borne donc, suivant l'importance de la construction, le nombre de ses câbles à deux ou à quatre, qui doivent, par conséquent, avoir une section très-forte. Indépendamment des difficultés que présente la fabrication par les moyens ordinaires de câbles de 20 à 30 centimètres de diamètre, leur emploi présenterait peu de sécurité, à cause de la répartition inégale des tensions sur les diverses parties de la section du câble, après sa mise en place. Le procédé adopté par M. Roebling paraît, au premier abord, assez singulier; la réussite complète, tant au point de vue de l'exécution qu'à celui de la durée, des ouvrages exécutés jusqu'à présent, lui a donné la sanction de la pratique. Voici en quoi il consiste : Les fils de fer ou d'acier dont se compose le câble ne sont pas tordus, mais placés parallèlement les uns aux autres, de manière que chacun supporte exactement sa quote-part de la charge totale. Pour obtenir ce résultat, le câble est confectionné sur place, dans la position qu'il doit occuper ; le fil passe et repasse la rivière autant de fois qu'il y a de brins dans le câble, et la flèche de courbure est réglée de manière que chaque fil soit soumis exactement à la même tension. Les fils restent ainsi indépendants l'un de l'autre et c'est seulement après que tous sont posés qu'on les réunit en un seul câble par une forte ligature.

Ordinairement, les câbles se prolongent des deux côtés au-delà des piles pour aller s'attacher directement aux maçonneries d'ancrage. La partie des câbles

comprise entre la pile et l'ancrage est utilisée pour supporter une travée qui raccorde le pont proprement dit avec ses abords et qui fait à peu près équilibre au poids de la moitié de la travée centrale, comprise entre les deux piles.

Le mode de suspension du tablier est un second trait caractéristique du système Roebling ; dans le système ordinaire, le tablier est supporté par une série de tirants verticaux suspendus aux chaînes ou aux câbles; l'ensemble forme donc un véritable polygone funiculaire. Il n'en est pas de même dans les ponts de M. Roebling : En premier lieu, le tablier est établi sur des longerons formés de charpentes rigides en fer, fortement entretoisés et présentant par eux-mêmes une résistance suffisante pour supporter une bonne partie de leur propre poids. Des cordes en fil de fer, disposées verticalement à environ $1^{m},50$ de distance l'une de l'autre, suspendent les longerons aux câbles correspondants. Enfin ces longerons, sur tout leur développement, sauf sur une certaine longueur au milieu, sont reliés aux piles par une série d'étais inclinés, formés de cordes en fil de fer. Chaque câble, avec les étais et les tirants qui en dépendent, forme donc une sorte de réseau équivalant à une poutrelle-treillis.

La rigidité dans le sens transversal, indépendamment de celle qui résulte de la construction massive du tablier, est obtenue en faisant légèrement converger vers l'axe du pont les plans qui contiennent chacun des câbles, avec ses étais et ses supports. En outre, on ajoute sous le tablier des tirants croisés en corde de fil de fer; le pont du Niagara, établi dans des circonstances spéciales, est soutenu contre les poussées transversales résultant des coups de vent par de longues cordes en fil de fer, fortement tendues, attachées par un bout au tablier, et par l'autre à des agrafes

scellées dans les rochers à pic qui bordent la rivière.

Le système de M. Roebling a reçu plusieurs applications aux États-Unis. Les principales sont :

L'aqueduc suspendu de Pittsburg, sur la rivière Alleghany. Il a été démoli en 1861, après dix-sept ans d'existence, parce qu'il était devenu inutile ; il était resté, paraît-il, en parfait état de conservation.

Le pont suspendu, en plusieurs travées, existant encore actuellement sur la rivière Alleghany, à Pittsburg, dans le prolongement de la rue Saint-Clair.

Le pont du Niagara, livré à la circulation en 1854 pour les piétons et en 1855 pour le chemin de fer.

Le pont sur la rivière Ohio, entre Cincinnati (Ohio) et Covington (Kentucky) ; ce pont a été commencé en 1856, mais en 1857 les travaux dûrent être interrompus faute de capitaux suffisants ; l'interruption, par suite de la guerre civile, se prolongea jusqu'en 1863, et c'est seulement au commencement de 1867 que le pont fut entièrement terminé.

Enfin, en 1868, une société se forma sous le nom de « *New-York bridge Company* » pour établir un pont entre New-York et Brooklyn, sur le bras de mer appelé « *East River.* »

Je vais donner quelques détails sur les trois derniers de ces ponts, notamment sur le dernier, dont la construction doit être actuellement assez avancée.

PONT DU NIAGARA.

On désigne sous le nom de rivière Niagara le chenal, de douze lieues de développement, par lequel les eaux se déversent du lac Erie dans le lac Ontario. Les célèbres cataractes se trouvent à sept lieues environ du lac Erie ; le pont est établi à trois kilomètres en aval des chûtes ; la rivière est profondément encaissée entre

deux falaises ; la voie du chemin de fer se trouve à une élévation de 75 mètres au-dessus du niveau de l'eau.

Le pont est supporté par quatre tours en maçonnerie, deux sur chaque rive ; elles ont 24^{m},40 de hauteur ; la portée, d'axe en axe des tours, est de 250^{m},50. Le pont est formé d'un tube en charpente dont la section transversale a une hauteur de 6 mètres et une largeur de 10^{m},35. La voie du chemin de fer est établie au-dessus, la voie pour les piétons et le roulage, sur le tablier inférieur. Le tube est suspendu par 624 cordes en fil de fer à quatre câbles ; deux câbles supportent le tablier supérieur, les deux autres le tablier inférieur ; leur flèche de courbure est respectivement de 16^{m},50 et 19^{m},50, à la température ordinaire ; chacun des câbles a 254 $^{m}/_{m}$ de diamètre et se compose de 3640 fils de fer n° 9 (jauge de Birmingham, soit 3 $^{3}/_{4}$ $^{m}/_{m}$ d'épaisseur). De chaque pile partent seize étais formés de cordes en fils de fer qui vont s'attacher en divers point du tablier. Enfin, celui-ci est consolidé par cinquante-six étais fixés au rocher en dessous du niveau du pont.

PONT DE CINCINNATI.

La largeur de l'Ohio, entre Covington et Cincinnati, est, aux plus basses eaux, de 305 mètres ; la plus forte crue connue, celle du printemps de 1836, qui atteignit 19 mètres de hauteur au-dessus de ce niveau, a porté la largeur au double du chiffre que je viens d'indiquer.

Les deux piles en maçonnerie qui supportent le pont ont à leur base 25 mètres de longueur sur 16 mètres de largeur ; elles sont espacées l'une de l'autre, de centre à centre, de 322 mètres, et il reste entr'elles une largeur libre de 306 mètres, qui représente la portée

de la travée principale. Le pont est complété de chaque côté par une travée de 86 mètres, suspendue au prolongement du câble. Les câbles de suspension sont au nombre de deux seulement; ils se composent chacun de 5180 fils n° 9, et leur diamètre est de 313 millimètres. Leur flèche de courbure, dans la travée centrale, est de 27 mètres; il reste sous le pont, au milieu, une hauteur libre de 31 à 32 mètres, suivant la température, au-dessus des basses eaux. Le tablier, de 11 mètres de largeur, est suspendu aux câbles par des cordes en fil de fer, espacées de $1^m,50$ et par 76 étais attachés aux piles.

PONT DE NEW-YORK.

Les villes de New-York et de Brooklyn sont séparées par un bras de mer qui, dans la traverse de New York, prend le nom de rivière de l'Est, par opposition au Hudson, qui baigne la grande cité du côté de l'Ouest. Le recensement fait en 1860 par le gouvernement fédéral a constaté l'existence d'une population de plus d'un million d'habitants, dont 800,000 à New-York et près de 300,000 à Brooklyn; le chiffre total doit actuellement avoir atteint deux millions. Si j'ajoute qu'une bonne partie de la population de Brooklyn se compose de négociants dont les bureaux et comptoirs se trouvent à New-York, on pourra se faire une idée de l'intensité du mouvement qui traverse la rivière de l'Est et qui, jusqu'à présent, n'a été desservi que par les bateaux à vapeur dits « *ferry-boats* ». Ces bateaux sont en grand nombre ; ils sont très-vastes, bien aménagés; leur service est rapide et régulier, mais, lorsqu'on voit à quel point ils sont encombrés à certaines heures de la journée, on comprend que, quelque nombreux et bien organisés que soient ces ser-

vices, qui dans l'année 1868 ont transporté quarante millions de personnes, ils ne répondent encore qu'imparfaitement aux besoins de la circulation, et que l'absence d'une voie de communication permanente constitue une entrave réelle au développement de la ville de Brooklyn. Aussi la Compagnie de « New-York bridge » a-t-elle fini par obtenir la concession de la construction d'un pont, malgré l'opposition, plus énergique peut-être qu'intelligente, des compagnies qui exploitent les *ferry boats*.

La rivière de l'Est, de même que le Hudson, sert de port au commerce new-yorkais ; à part les difficultés très-sérieuses que présenterait la construction des piles d'un pont en pleine rivière, l'existence de ces piles serait trop nuisible à la navigation pour qu'on ait pu y songer ; il n'est donc pas étonnant que l'on se soit arrêté à l'idée d'établir un pont suspendu.

La largeur de la rivière, à l'endroit choisi comme emplacement du pont, est d'environ 460 mètres ; la charte de concession a imposé à la compagnie l'obligation de maintenir, à marée haute, sous le tablier, au centre du pont, une hauteur libre de $39^{m},60$ au minimum. Il n'existe au monde, paraît-il, que trois navires dont la mâture dépasse un peu cette élévation. Afin d'obtenir la hauteur nécessaire sans recourir à des rampes trop exagérées, on a été obligé de prolonger des deux côtés sur d'assez grandes longueurs les abords du pont.

La figure 83, pl. XII, représente en élévation les dispositions arrêtées pour l'ensemble de la construction : Les piles, construites au bord de la rivière, sont éloignées d'axe en axe de $487^{m},70$; la travée centrale, qui occupe cet espace, est supportée par quatre câbles décrivant une parabole dont la flèche de courbure au milieu est de 39 mètres. Les câbles se prolongent, en

formant de chaque côté une demi-parabole de 57^m,40 de flèche, qui supporte une travée de 286^m,50 de portée, depuis le centre de la pile jusqu'aux maçonneries d'ancrage. Les rampes qui donnent accès au pont proprement dit auront 440 mètres de longueur du côté de New-York et 285 mètres du côté de Brooklyn, de sorte que l'ensemble, de *terminus* à *terminus*, présentera un développement d'environ 1785 mètres. Voici les cotes de niveau des principaux points au-dessus de la haute mer :

New-York (City hall)	mètres	10,65
Surface du plancher aux ancrages	»	26,10
Id. id. au centre des piles	»	35,95
Id. id. au milieu de la travée centr., en été.	»	42,05
Brooklyn (Sands street)	»	20,70

Les travées extrêmes, les deux bouts de la travée centrale, et la rampe de New-York, seront inclinés de 3^m,44 par cent mètres ; du côté de Brooklyn, la rampe n'aura que 1,87 p. °/₀ d'inclinaison.

PILES.

Les câbles seront supportés par deux piles en maçonnerie, une sur chaque rive; leur hauteur totale au-dessus du niveau de l'eau, non compris le couronnement, sera de 81^m,70, soit 45^m,75 au-dessus du tablier. Les dimensions extrêmes, mesurées à fleur d'eau, seront de 41 mètres en longueur et de 17 mètres en largeur; des retraites successives réduisent ces dimensions, au sommet, à 36^m,60 de long sur 12^m,20 de large.

Chaque pile (fig. 85) se compose de trois tours en maçonnerie massive ; les parements seront en pierre de taille; l'intérieur pourra être fait de moëllons, ou même d'un gros béton. Les deux tours extrêmes sont armées de contre-forts et supportent chacune un des

câbles latéraux ; la tour centrale, moins épaisse, sur laquelle reposent les deux câbles du milieu, est reliée à chacune des deux autres, depuis la fondation jusqu'au tablier, par deux murs parallèles ; au-dessus du tablier, jusqu'à 37 mètres de hauteur, les intervalles des tours restent libres pour donner accès sur le pont ; au sommet de la construction, elles sont de nouveau reliées par des murs reposant sur des voûtes.

Chacune des trois tours porte à son sommet une forte pièce de fonte, supportée par des galets. Les câbles reposent sur cette pièce, arrondie en forme de selle suivant un profil approprié au raccordement des courbes formées par le câble dans la travée centrale et dans les travées extrêmes. Latéralement à chacune de ces pièces s'en trouvent deux autres plus petites pour supporter les étais.

Le cube total de maçonnerie entrant dans chacune des piles est d'environ 25,000 mètres, dont le poids est évalué à 63,500,000 kilog. A l'époque où M. Roebling fils a bien voulu me communiquer les détails que je rapporte ici, on n'était pas encore tout-à-fait fixé sur le système de fondations à employer. Le terrain, sur les deux rives, se compose principalement de graviers plus ou moins gros, de sables quelquefois mouvants et d'argiles. La roche solide n'est atteinte, du côté de Brooklyn, qu'à 27 mètres et du côté de New-York qu'à 33 mètres en-dessous du niveau de la marée haute. En déduisant une profondeur d'eau de 3 à 4 mètres, il resterait à traverser, pour arriver au rocher, d'un côté 24 mètres, de l'autre 29 mètres de terrains plus ou moins meubles. M. Roebling proposait d'asseoir la maçonnerie sur un grillage en charpente, suffisamment enfoncé dans le sol pour ne pas être miné par les courants et protégé en outre par de forts enrochements. D'après l'avant-projet, le grillage aurait eu au

moins six mètres d'épaisseur, sur 53 mètres de long et 29 mètres de large. La pression totale supportée par le terrain serait ainsi d'environ 45,000 kilog. par mètre carré. Ce système a été employé avec plein succès pour la construction des piles du pont de Cincinnati, dans des conditions analogues quant à la nature du terrain.

ANCRAGES.

Les deux extrémités des câbles prennent appui sur des maçonneries d'ancrage dont la masse doit être calculée de telle sorte qu'elles ne puissent pas être soulevées par un effort équivalant à la charge de rupture des câbles. Dans le cas actuel, la grande hauteur que doivent avoir ces maçonneries pour atteindre le niveau assigné au tablier donne pour chacun des deux blocs un poids de près de 18,000,000 de kilogrammes, chiffre jugé suffisant.

Le câble est fixé à la maçonnerie au moyen d'une chaîne formée de dix fortes barres en acier, ou en fer de la meilleure qualité, articulées entr'elles. La barre supérieure, attachée au câble, est horizontale ; elle a $5^{m},50$ de longueur; les barres suivantes, de $3^{m},80$ de longueur chacun, décrivent une ligne brisée qui se termine à la partie inférieure par une barre verticale fortement boulonnée à une taque de fonte engagée sous les fondations de la maçonnerie Chaque point d'articulation de deux barres consécutives porte sur un petit sabot en fonte, scellé dans un bloc de granit. Les chaînes d'ancrage sont logées dans la maçonnerie et noyées dans un bon ciment hydraulique qui les préserve de l'oxydation.

CONSTRUCTION DES CABLES.

Après la construction des piles et des maçonneries d'ancrage, on procède à la confection simultanée des quatre câbles. Des cordes jetées en travers de la rivière et supportées par les piles, forment un chemin de fer aérien provisoire pour le service de la construction.

Les câbles se terminent des deux côtés à des sabots en fer dont la surface, demi-circulaire, présente une gorge qui reçoit les fils de fer. Un bout du fil est d'abord attaché au sabot d'un côté de la rivière ; on le fait ensuite passer sur la selle de la pile voisine, puis à travers la rivière, puis sur la seconde pile, enfin, sur le sabot attaché à l'ancrage de l'autre rive. Un homme, placé dans une cabine suspendue au milieu de la portée, observe, au moyen d'instruments de précision, la position que prend le fil ; il fait augmenter ou diminuer la tension jusqu'à ce que le fil ait pris exactement la flèche de courbure qu'on veut lui donner. Le fil passe alors de nouveau sur les deux piles et revient s'enrouler sur le premier sabot ; la tension du second brin est réglée de la même manière, et l'opération se répète autant de fois qu'il y a de fils dans un câble. Lorsqu'un paquet de fil est épuisé, on le relie par une épissure au paquet suivant. Le passage du fil à travers la rivière se fait au moyen d'un engin spécial.

Les fils reçoivent, pendant la construction du câble, une tension beaucoup plus forte que celle qu'ils doivent subir par la suite, afin de les bien dresser, tout en les soumettant à une sorte d'épreuve. Pour cela, les sabots sur lesquels passent les divers fils de chaque toron sont, pendant la pose, attachés à la rive d'une manière provisoire au moyen de mouflages ; chaque fois qu'un toron des quatre câbles est terminé, on relâche gra-

duellement la tension jusqu'à ce qu'on ait atteint la flèche de courbure voulue ; les sabots sont alors définitivement fixés aux ancrages.

On n'était pas encore tout-à-fait fixé sur la nature du métal à adopter pour la confection des câbles ; il est probable qu'on se sera décidé pour l'emploi de l'acier, afin de ne pas arriver à des dimensions trop exagérées. C'est à des fils d'acier que se rapportent les chiffres suivants :

Le diamètre de chacun des câbles est de 262 $^m/_m$, et se compose de six mille trente-six fils n° 8 (soit un peu plus de 4 millimètres de diamètre). Pendant la pose, le câble est disposé en sept torons, dont l'un forme l'âme, les autres étant groupés autour du premier ; lorsque le câble est terminé, il est revêtu d'une garniture jointive, en fil de fer n° 9 ou n° 10 (environ 3 $^1/_2$ $^m/_m$ d'épaisseur), que l'on serre très-fortement, de manière à faire disparaître toute trace de torons, et à former des six mille brins de fil de fer une seule masse compacte.

L'opération de la pose des câbles est très-lente, et doit être l'objet de soins minutieux, l'homogénéité et, par suite, la solidité du câble dépendant de la précision avec laquelle a été réglée la tension de chacun des fils qui le composent. Pour le pont de Cincinnati, la pose des câbles, y compris l'installation de l'outillage nécessaire, a duré environ un an; huit mois ont été consacrés à la pose proprement dite. La durée de l'opération varie, du reste, avec l'état de l'atmosphère ; des coups de vent violents obligent souvent de suspendre tout travail pendant un temps plus ou moins long.

TABLIER.

Le plancher des rampes qui donnent accès au pont proprement dit sera établi sur une charpente légère,

en fer, supportée par des piliers en maçonnerie ou des colonnes en fonte. On se proposait, en vue d'utiliser le terrain, dont la valeur est très-grande, d'établir dans les intervalles de ces piliers des locaux qui seraient loués au public pour servir de magasins, bureaux, etc. M. Roebling a également proposé d'utiliser l'emplacement des maçonneries d'ancrage en réservant dans leur intérieur des caveaux « *fire-and burglar-proof* », où les négociants, les banquiers, etc. seraient admis à déposer leurs valeurs.

Le tablier proprement dit, s'étendant de l'un à l'autre ancrage, en passant sur les piles, sera supporté par une forte charpente en fer formée de six longerons, placés parallèlement et à égale distance les uns des autres. Les longerons, ainsi que les traverses qui les relient entr'eux, sont composés de poutrelles en fer laminé dont la fig. 86 représente le profil. Les fig. 87 et 88 représentent l'ensemble de cette charpente.

Les montants sont des poutrelles A, en double T, présentant leur pied et leur tête vers l'extérieur; elles sont espacées de centre à centre de $1^m,50$. Les bords supérieur et inférieur du longeron sont formés chacun de deux cours de poutrelles B, en forme de double L, embrassant les montants ; vers le milieu de la hauteur règnent quatre cours de poutrelles double L, disposées de la même manière, qui supportent le tablier. Pour les quatre longerons principaux, correspondant aux quatre câbles, ces poutrelles sont du type B, pour les deux autres, du type C. Le tout est consolidé par des tirants en fer rond, croisés, suivant les diagonales des rectangles formés par les montants et par les poutrelles du haut et du bas.

Les longerons sont écartés de $4^m,93$ de centre à centre; ils sont réunis tous ensemble par deux cours de traverses, l'une en bas, l'autre vers le milieu de la

hauteur; chacune de ces dernières, sur lesquelles est fixé le plancher, se compose de deux poutrelles B, qui embrassent latéralement les montants, et sont elles-mêmes serrées, du haut et du bas, entre les deux cours de deux poutrelles longitudinales dont il a été parlé tantôt. Chacune des traverses inférieures se compose de deux poutrelles C, embrassant les montants et reposant sur la poutrelle inférieure du longeron. Les deux traverses sont reliées entr'elles et aux longerons par des tirants croisés en fer rond.

Le profil du tablier présente donc, au-dessus des traverses supérieures, cinq voies distinctes, de $4^m,50$ de largeur nette chacune, séparées l'une de l'autre par la moitié supérieure des longerons, qui forme balustrade. Dans les deux longerons extrêmes de chaque côté, la clôture est complétée par quatre forts fils de fer tendus dans le plan du longeron, et traversant les montants. La voie centrale, destinée principalement à servir de lieu de promenade, est exclusivement réservée aux piétons; le plancher est fixé sur de petites poutrelles transversales reposant sur le bord supérieur des longerons; il domine donc d'environ $1^m,60$ les voies latérales. Les deux voies extrêmes sont destinées au roulage ordinaire, avec un accottement pour piétons; la partie réservée aux voitures est garnie d'un plancher solide, portant deux larges « *trams* », ou rails en fer plat, sur lesquels rouleront les roues des véhicules.

Les deux voies intermédiaires seront consacrées à l'établissement d'un chemin de fer pour le transport des personnes, au moyen de trains mis en mouvement par une machine fixe et une corde sans fin. On compte donner aux wagons une vitesse de 30 kilomètres à l'heure et arriver, par des installations spéciales, à effectuer la translation, chargement et déchargement

compris, d'un train de mille personnes dans l'espace de cinq minutes; ce service pourrait donc desservir au besoin une circulation de 12,000 personnes à l'heure, dans les deux sens à la fois.

SUPPORTS ET ÉTAIS.

Le tablier est suspendu aux câbles par une série de cordes en fil de fer, de 35 $^{m}/_{m}$ de diamètre, espacées de $1^{m},50$, et placées verticalement, sauf une légère inclinaison dans la direction transversale à la longueur du pont. Dans la partie centrale, où les câbles se rapprochent très-près du tablier, les cordes sont remplacées par des tirants en fer rond, d'un diamètre un peu plus fort.

Voici comment se fait l'attache des supports : Les câbles sont embrassés de distance en distance par des colliers en fer plat, fortement serrés par un boulon sur lequel est enfilé un œillet qui termine le support à sa partie supérieure. Les supports en fer se terminent à leur partie inférieure par un bout fileté qui s'attache au moyen d'un étrier à la traverse principale du tablier. Les supports en corde sont reliés au tablier de la même manière, au moyen d'un boulon fixé à leur extrémité.

Les supports dépendant des deux câbles latéraux s'attachent à un prolongement des traverses au-delà des longerons extrêmes; les plans de ces câbles convergent vers le bas; les plans des câbles du milieu convergent vers le haut; les supports qui en dépendent s'attachent aux mêmes traverses, un peu en dedans des longerons du milieu. En faisant abstraction de la voie centrale, réservée aux piétons, l'ensemble des quatre autres voies représente donc deux ponts accolés, suspendus chacun à deux câbles.

La stabilité du pont est complétée par un système d'étais, composés de cordes en fil de fer, de 60 $^m/_m$ de diamètre, disposées dans le plan de chacun des câbles et des supports qui en dépendent, et rattachant le tablier aux piles. La fig. 84, pl. XII, représente la disposition de ces étais pour la moitié de la travée centrale ; elle est la même pour les travées extrêmes.

Les huit premiers étais, à partir de la pile, sont parallèles entr'eux et inclinés de 45° sur l'horizon. Leurs points d'attache au tablier sont distants de 4^m,60 ; le dernier de ces points se trouve à 49 mètres du centre de la pile ; l'autre extrémité de ces étais est attachée à la pile.

Les étais suivants, au nombre de vingt-sept, rayonnent à partir d'un point situé au sommet de la pile, et vont s'attacher au tablier en des points espacés de 4^m,60 environ. Ils occupent sur le tablier une longueur de 124 mètres, à partir du pied du dernier étai à 45° ; il reste donc au centre une partie de tablier qui n'est supportée que par les câbles et par la force de résistance propre de sa charpente. La plus grande partie des étais rayonnants passent d'une travée à l'autre, en s'appuyant sur les pièces de support dont j'ai parlé. Un certain nombre d'entr'eux sont attachés aux extrémités de ces pièces.

Les étais sont reliés aux supports verticaux, en chacun de leurs points de croisement, par des liures en fil de fer. L'ensemble forme avec le câble, eu égard surtout à la raideur de celui-ci, un système invariable de forme, au moins en pratique. La tendance aux oscillations transversales est combattue par l'inclinaison, d'environ 87° sur l'horizon, des plans des câbles. La grande largeur du tablier et la solidité de sa charpente s'opposent également d'une manière efficace à la flexion latérale ; pour ajouter encore à la rigidité, le

bas de la charpente sera armé d'étais en corde disposés dans le plan des poutrelles inférieures ; ces étais, au nombre de seize pour la travée centrale, partiront des angles des piles pour s'attacher sur l'autre bord en différents points des longerons extérieurs, régulièrement répartis depuis le milieu de la portée jusqu'aux piles.

RÉSISTANCE DES PONTS ROEBLING.

Voici les calculs avancés par M. Roebling pour établir que le pont construit dans les conditions ci-dessus énoncées offrira toute la sécurité désirable ; ils sont, pour la plupart, extraits du rapport adressé par cet ingénieur aux actionnaires de « New-York bridge Company ».

	Mètres.
Portée de la travée centrale, de centre à centre des piles	487 70
Id. id. id. de face à face id.	475 50
	Tonnes °/₀₀ k.
Poids de 475m,50 de superstructure (câbles non compris)	3,079 »
Charge additionnelle (145 kos par mètre carré). . . .	1,056 »
Ensemble	4,135 »
Soit, par mètre courant de tablier. . . . kilogrammes.	8,700
Les étais à 45° supportent de chaque côté une longueur de . . . . mètres	51 80
Reste à supporter par les câbles et les longs étais .	384 10
	Tonnes.
Poids de 384m,10 de tablier, et charge	3,340
Les longs étais supportent une charge de	1,000
Reste pour les quatre câbles. . . .	2,340
et pour chacun d'eux	585
	Tonnes.
Le câble non garni, pèse 562 kos par mètre courant et avec sa garniture 587 kos, soit pour 496m	291
Charge totale de chaque câble.	876
qui produiront, au point d'appui sur la pile, une tension de	1,437
La charge de rupture d'un fil d'acier n° 8 (4 ²/₁₀ m/m de	

diamètre), est de	kilogrammes (1).	1,429
Soit, pour un câble composé de 6,036 fils . .	tonnes.	8,625

La charge permanente indiquée ci-dessus représente donc un sixième de la charge de rupture.

Les ponts construits jusqu'à présent par M. Roebling ont parfaitement résisté au service auquel ils ont été soumis ; le pont du Niagara, notamment, a subi par jour, en moyenne, de 1855 à 1861, le passage de 45 locomotives, seules ou remorquant des trains ; la vitesse est limitée à 8 kilomètres à l'heure, mais, d'après M. Roebling, elle pourrait sans inconvénient être plus que doublée. Je n'ai pu constater par moi-même l'effet produit par le passage des trains, ayant visité ce pont un dimanche ; une personne très-compétente m'a assuré que les vibrations étaient tout au plus égales à celles qui se seraient fait sentir sur un pont métallique de n'importe quel système.

Voici quelques chiffres rapportés dans un rapport de M. Roebling sur les épreuves subies par le pont du Niagara ; après son achèvement, on l'essaya en y faisant passer un train de wagons chargés, d'une longueur égale à la portée du pont ; on peut évaluer à 550 tonnes, ou un peu plus de 2,000 k^{os} par mètre courant, le poids de ce train, qui produisit au centre du pont une flexion maxima de 255 $^{m}/_{m}$. En 1860, M. Roebling fit de nouvelles observations, dont voici les résultats. La longueur et le poids des trains n'étant pas indiqués, je les ai calculés d'après les données moyennes du matériel roulant des États-Unis.

(1) Ce chiffre paraît bien élevé ; il correspond à 104 k^{os} par millimètre carré. M. Roebling dit que, si le fil de fer est employé au lieu de fil d'acier, le diamètre total du câble devra être porté de $0^{m},26$ à $0^{m},38$.

COMPOSITION DU TRAIN.	LONGUEUR.	POIDS.	FLEXION au centre du pont.
	Mètres.	Tonnes °/°° kil.	Millimètres.
Locomotive « Essex » pesant, avec tender, 31,750 kilos, 10 wagons vides.	90	105	141
Une petite locomotive, 2 wagons à voyageurs, 1 fourgon à bagages, 1 wagon chargé de bestiaux	55	85	165
Une petite locomotive avec un train de voyageurs composé de 5 wagons et 1 fourgon à bagages.	100	120?	159
Locomotive « Essex, » avec tender. . . . , ...	8 ou 9	32	96
Locomotive remorquant 8 wagons, chargés chacun de 17 à 18 têtes de gros bétail.	75	175	240

Il me reste, pour terminer ce chapitre, à indiquer les dépenses consacrées à la construction des ponts dont je viens de parler :

Le pont sur le Niagara a coûté 400,000 dollars, soit, en chiffres ronds, deux millions de francs.

Le pont de Cincinnati a coûté environ un million et demi de dollars.

Enfin, d'après les évaluations de M. Roebling, le pont à construire sur la rivière de l'Est à New-York devait coûter de six à sept millions de dollars.

ORGANISATION DU SERVICE DES INCENDIES.

La plupart des grandes villes de l'Union américaine ont institué des administrations spéciales pour le service de l'extinction des incendies. Ces administrations, connues sous le nom de « *Fire department* », sont pourvues d'un excellent matériel et leur organisation est très-bien entendue, au point de vue de la rapidité et de l'efficacité des secours. Les incendies sont fréquents dans ce pays ; à New-York, par exemple, il se passe peu de nuit qui ne soit signalée par plusieurs sinistres; c'est, sans doute, cette circonstance qui a conduit à une organisation complète des secours à laquelle nous pourrions, je crois, emprunter avec avantage, sinon le tout, au moins une partie de ses éléments.

C'est dans la ville de Boston que l'institution du « *Fire department* » paraît avoir pris naissance, vers 1827 ; depuis cette époque, elle a été constamment perfectionnée ; c'est à Boston que se rapportent les renseignements qui vont suivre ; ils s'appliquent aussi, sauf quelques détails, à d'autres villes, notamment à New-York.

Le *Fire department* de Boston relève de l'administration municipale et est surveillé par des comités pris dans le sein de cette administration ; il se divise en deux grandes branches : l'une, le *Fire department* proprement dit, comprend tout le matériel de pompes, de tuyaux, d'échelles, etc., et le personnel nécessaire pour les manœuvres. L'autre, sous le nom de « *Fire alarm department* », ou service d'alarme, est chargé de l'installation, de l'entretien et du fonctionnement des appareils destinés à transmettre l'annonce des incendies au

bureau central établi à l'hôtel-de-ville, et de ce bureau aux diverses stations du service actif.

MATÉRIEL.

Le matériel des incendies comprend : quatorze pompes à vapeur en service régulier, plus cinq pompes de rechange, dont une à bras ; environ dix mille mètres de tuyaux, une centaine d'échelles de diverses longueurs, et les différents autres accessoires, tels que grappins, crochets, etc., nécessaires pour les démolitions, les déblais et autres opérations que l'on peut avoir à exécuter.

Les pompes se composent essentiellement d'une chaudière à vapeur verticale, à foyer intérieur, garnie de tubes à fumée ou d'autres dispositions propres à assurer une vaporisation rapide, et d'une machine à un ou à deux cylindres, qui attaquent directement des pompes foulantes ; le mouvement de la machine est régularisé par un volant, et l'émission de l'eau par un réservoir d'air. Dans quelques appareils, les pompes à piston sont remplacées par des pompes rotatives. Le tout, machine et chaudière, est fixé à un châssis en fer suspendu sur deux essieux par des ressorts que l'on cale au moyen de vis lorsque la machine fonctionne sur le lieu de l'incendie ; elle y est amenée par un attelage de deux chevaux.

Voici, d'une manière générale, les données relatives à ces machines, construites, pour la plupart, par la Société Amoskeag, de Manchester (État de New-Hampshire). Les pistons à vapeur ont de $0^m,18$ à $0^m,21$ de diamètre et fonctionnent sous une pression de 4 à 5 atmosphères ; le diamètre des pistons des pompes est d'environ $0^m,12$; elles peuvent lancer, en marche normale, de 1,500 à 2,300 litres d'eau par

minute. La course est de $0^m,20$ à $0^m,33$. Une machine, en ordre de marche, pèse, y compris son équipage de tuyaux et les trois hommes qu'elle porte, de 2,500 à 4,500 kilogrammes, et coûte de 10,000 à 16,000 frs.

Les tuyaux qui lancent l'eau sont en cuir; ils sont formés au moyen d'une double rivure en rivets de cuivre, de 3 $^m/_m$ de diamètre, au nombre de 70 par mètre courant; les tuyaux ont 65 $^m/_m$ de diamètre; ils doivent résister à une pression de 13 $^1/_2$ atmosphères; ils pèsent un peu moins de 2 k^{os} par mètre, garnitures non comprises. Chaque bout de tuyau a au plus 15 mètres de longueur; ils s'assemblent entr'eux au moyen de douilles à vis.

Les tuyaux sont enroulés sur des bobines supportées par des équipages à deux ou à quatre roues, attelés d'un cheval. Chaque équipage porte 150 mètres de tuyaux et pèse, y compris le poids du conducteur, de 750 à 1,000 k^{os}. L'un des épuipages porte 300 mètres de tuyaux et pèse près de 1,200 k^{os}.

Les échelles ont au plus 14 mètres de longueur; un certain nombre d'entr'elles, appelées « *butt-ladders* », plus fortes et plus courtes, servent de rallonge aux autres en cas de besoin; l'assemblage se fait au moyen de bâtons d'éclisse et de liens de corde, et est consolidé par des cordes servant d'étais; on obtient ainsi des longueurs de 18 à 20 mètres, considérées comme suffisantes pour tous les cas, ou du moins comme représentant le maximum de hauteur utile à laquelle un homme peut grimper.

Les échelles ont pour accessoires des crochets emmanchés de perches, des crampons ou grappins, des paquets de cordes, des haches, etc.

Les échelles et leurs accessoires sont chargés sur des haquets à quatre roues, dont la construction n'offre rien de particulier; leur poids, tout chargés, est d'en-

viron 2,500 à 3,000 k^os^ ; ils sont traînés par deux chevaux et portent 18 à 20 échelles.

Le matériel est réparti entre vingt-huit stations, dont chacune est affectée, soit à une pompe, soit à un équipage de tuyaux, soit à un équipage d'échelles.

D'après le dernier plan adopté, les locaux des pompes (*engine house*) se composent d'un rez de chaussée, d'un étage, d'un sous-sol (*basement*) et d'un grenier. La distribution comprend : au rez-de-chaussée, d'une part, une chambre servant de remise à la pompe et à son équipage de tuyaux, et de salon de conversation (*gentlemen parlour*), pour les hommes de garde; d'autre part, une écurie pour deux ou trois chevaux. Les écuries sont très-bien installées; elles sont pourvues d'une cheminée d'aérage; un magasin aux fourrages se trouve au-dessus ; une citerne à purin est construite sous l'écurie.

A l'étage, outre le grenier aux fourrages, trois ou quatre chambres à coucher, une chambre de bains, *water-closet*, etc.

Le grenier sert de débarras ; le sous-sol, en dehors de la citerne à purin, se compose d'une vaste chambre servant au nettoyage des tuyaux ; il s'y trouve une auge en pierre de 18 mètres de longueur; au retour des incendies, ou après toute période de repos trop prolongée, les tuyaux sont étendus le long de cette auge et lavés à grande eau au moyen de brosses; ils sont ensuite suspendus, jusqu'à ce qu'ils soient secs, dans une tour qui fait partie du bâtiment, et qui a 18 mètres de hauteur à partir du niveau du sous-sol. Les tuyaux y sont hissés au moyen de palans. Le rechange en tuyaux est suffisant pour que, indépendamment de ceux qui sont en train de sécher, il en reste en tous temps la quantité réglementaire sur la bobine de l'équipage.

La disposition des stations spéciales de tuyaux est analogue à celle des stations de pompes, sauf les restrictions résultant du nombre moindre des hommes et des chevaux. Pour donner une idée de la manière dont ces bâtiments sont construits, je citerai les chiffres suivants concernant deux d'entr'eux qui ont été érigés en 1867 ; le premier, établi à Boston-Sud, devait servir comme station de pompe, comme poste de police et comme salle d'école primaire ; il a coûté près de 150,000 francs, chiffre dans lequel l'achat du terrain entrait pour 28,000 frs. L'autre était destiné uniquement à une station de tuyaux ; le terrain a coûté 16,000 francs et la construction 70,000 francs.

Les stations d'échelles sont simplement des remises avec chambres à coucher.

Outre ces divers locaux, les inventaires du matériel fixe du service des incendies renseignent comme suit les installations destinées à fournir l'eau aux pompes :

1° 1579 bouches de prise, établies en moyenne à 75 mètres de distance l'une de l'autre sur les tuyaux de distribution des eaux alimentaires, provenant du lac Cochituate.

2° 174 réservoirs, variant de 60 à 200 mètres cubes de capacité, répartis en divers points de la ville et de ses faubourgs. La plupart de ces réservoirs sont alimentés par les eaux pluviales provenant du toit des maisons, soixante-cinq d'entr'eux par les eaux alimentaires, et un certain nombre, par le jeu de la marée.

PERSONNEL.

La direction du service, sous le contrôle d'un comité de trois *aldermen*, est confiée à un ingénieur en chef (*chief-engineer*), assisté d'un conseil d'ingénieurs composé de douze membres (*assistant-engineers*) et d'un secrétaire.

Chacun des ingénieurs est plus spécialement chargé d'un district de la ville ; toutefois, lorsqu'un incendie éclate en un point quelconque, tous doivent s'y porter, sauf empêchement légitime, dont ils ont à rendre compte à leur chef, qui en fait rapport tous les trimestres à l'administration communale.

Les ingénieurs, aux incendies, ont la direction du travail; ils donnent les ordres nécessaires et répartissent le personnel suivant les besoins ; ils ont plein pouvoir, pourvu qu'ils soient réunis au nombre de trois au moins, pour ordonner la démolition des maisons, lorsque c'est nécessaire pour isoler le feu, ou pour assurer l'efficacité des secours.

L'ingénieur en chef et les assistants sont nommés par le Conseil communal, chambres réunies ; leur mandat ne dure qu'un an ; il est naturellement renouvelable. Les traitements annuels sont :

Pour l'ingénieur en chef : 2,000 dollars, soit 7,600 francs ; il a droit à l'usage d'un cheval et d'une voiture.

Pour les assistants, 450 dollars, soit 1,700 francs.

Pour le secrétaire du Conseil, 1,000 dollars, soit 3,800 francs

Le personnel travaillant se compose d'employés permanents et de membres auxiliaires, formant un effectif total de 357 hommes. Les employés permanents sont astreints à résider à leurs postes respectifs, d'où ils ne peuvent s'éloigner sous aucun prétexte ; les membres auxiliaires vaquent à leurs occupations particulières et ne sont requis qu'au moment d'un incendie.

Le personnel est réparti en 28 brigades, savoir :

14 brigades de pompes (*Engine company*).
10 id. de tuyaux (*Hose company*).
4 id. d'échelles (*Hook and ladder C°*).

Chaque brigade de pompes se compose de trois employés permanents : un mécanicien, un chauffeur, un conducteur, et de huit membres auxiliaires, qui élisent entr'eux un commandant (*foreman*).

Le mécanicien (*engineman*) est chef du poste ; il est responsable du bon ordre et de l'entretien du local, de la pompe et de tout le matériel. Le chauffeur (*fireman*) est chargé de nettoyer la machine et le local ; le conducteur (*driver*) soigne les chevaux et remplit les fonctions de comptable de la brigade ; il tient l'inventaire du matériel, le rôle du personnel, la liste de présence, et dresse les états de payement. Ces trois hommes habitent le poste ; ils sont autorisés à s'absenter pendant deux ou trois heures de la journée, chacun, à tour de rôle, pour prendre leurs repas ; en dehors de cela, ils ne peuvent s'écarter du poste sous aucun prétexte, à moins d'une autorisation spéciale. Le matériel doit toujours être tenu prêt à fonctionner au premier signal ; ainsi, la chaudière est constamment remplie d'eau et son foyer bourré de menu bois ; quand un incendie est découvert, les hommes en sont avertis par une cloche ou un timbre (*gong*) placé sur ou dans le bâtiment du poste ; aussitôt le feu est mis dans le foyer de la chaudière ; les hommes s'habillent en un tour de main ; les chevaux, qui dorment tout harnachés, sont venus d'eux-mêmes se mettre au timon de la pompe ; on accroche leurs traits aux palonniers, et la pompe part en emportant les trois hommes, et en prenant en remorque son équipage de tuyaux ; généralement, dans l'espace de cinq à dix minutes après l'alarme partie du lieu du sinistre, la pompe y est rendue, prête à travailler sous une pression de deux atmosphères. L'alimentation du foyer de la chaudière se continue ensuite avec du *cannel coal*.

Les autres hommes de la brigade (*hosemen*), sont

également avertis par la sonnerie des cloches établies sur les postes, sur les églises et sur divers monuments publics et se rendent de leur côté sur les lieux. Toute la direction du travail, sous les ordres des ingénieurs présents, appartient au commandant ; il indique au mécanicien la place où la pompe doit être installée, et celui-ci n'a plus à s'occuper que d'assurer le fonctionnement régulier de sa machine.

Dans les brigades autres que celles des pompes, il n'existe généralement qu'un employé permanent, c'est le conducteur, qui a les mêmes attributions que dans les brigades de pompes. Le conseil des ingénieurs peut, lorsqu'il le juge utile, lui adjoindre un homme de la brigade pour l'aider dans l'entretien du matériel et du local. Les brigades spéciales de tuyaux se composent de huit « *hosemen* », dont un commandant, élu par eux. Les brigades d'échelles comprennent un commandant, un commandant en second (*assistant-foreman*), six à huit sapeurs (*axemen, rakemen*) et dix ou douze hommes chargés de la manœuvre des échelles.

Les divers employés dont je viens de parler reçoivent les salaires suivants :

Mécaniciens, par jour	francs	11,50
Chauffeurs, par mois	—	300,00
Conducteurs id.	—	285,00
Commandants de brigades, par an	—	850,00
Membres des brigades.	—	750,00

Toute arrivée tardive sur le lieu d'un incendie, ainsi que le fait de ne pas s'y rendre, est puni, pour les membres auxiliaires, d'une amende d'un franc ; un nombre d'absences supérieur à cinq par mois, et dépassant le tiers du nombre total d'alarmes, donne lieu à révocation.

SERVICE D'ALARME.

Le service d'alarme forme la partie la plus remarquable de l'organisation relative aux incendies tant à cause de sa grande utilité que par les ingénieuses dispositions adoptées. Le but de ce service, réalisé par la télégraphie électrique, est de transmettre dans le plus court délai possible l'annonce d'un incendie, avec l'indication du point où il s'est déclaré, depuis ce point jusqu'aux postes où se trouve le matériel de secours.

Trois organes principaux concourent successivement à atteindre ce but ; ce sont : les manipulateurs où se fait, pour ainsi parler, la déclaration de l'incendie ; les appareils de réception et de transmission installés au bureau central, à l'hôtel-de-ville ; enfin, les appareils d'alarme proprement dits, qui avertissent le public et le personnel du service des incendies.

La première opération se fait au moyen d'un grand nombre de « boîtes d'alarme » numérotées, installées en divers points de la ville et des faubourgs. Dans la ville même, la distance entre deux de ces boîtes varie de 150 à 500 mètres ; dans les faubourgs, de 500 à 700 mètres, et jusqu'à 1000 mètres dans les parties où la population est le plus-clair semée ; on peut dire qu'en général, pour toute l'agglomération, les boîtes sont en moyenne espacées de 500 mètres l'une de l'autre. L'énonciation du numéro d'une boîte, située à proximité du lieu où un incendie se déclare, suffit donc pour désigner ce lieu avec une précision suffisante. Les numéros des boîtes s'énoncent, au moyen des cloches ou des gongs, d'une manière très-simple, consistant à sonner successivement, pour chaque chiffre du numéro, autant de coups que ce chiffre contient d'unités, en ayant soin de séparer les différents chiffres par des intervalles sensiblement plus longs que ceux qui

séparent deux coups consécutifs. Ainsi, pour le numéro 235, par exemple, on sonnera deux coups de suite ; après un intervalle, trois coups ; un nouvel intervalle ; enfin, cinq coups. Chaque signal est répété plusieurs fois de suite, avec des pauses suffisamment longues pour distinguer les diverses reprises ; la première fois éveille l'attention ; la seconde et les suivantes permettent de compter le numéro et de le vérifier. Dès que l'on connaît le principe du système, rien n'est plus facile que de comprendre les indications des cloches ; les erreurs ne sont guère possibles, la composition des signaux se faisant mécaniquement. Les signaux s'énoncent aussi, mais pour les employés du bureau central seulement, au moyen du télégraphe Morse, ainsi, 235 s'écrira -- --- ----- etc.

Le nombre total des boîtes établies jusqu'en 1869 était de 112, dont soixante dans la Cité, seize dans le faubourg de Boston-sud, onze dans le faubourg de Boston-est, et vingt-cinq dans le faubourg de Roxbury (1). Les numéros des boîtes ne se suivent pas d'une manière tout-à-fait continue : les nombres qui contiennent des zéros ne peuvent, naturellement, pas être employés ; on rejette en outre les numéros qui pourraient donner lieu à confusion, tels que 1, 11, 22, etc., et ceux qui seraient par trop longs à exprimer. Les boîtes de la Cité portent les numéros 2 à 84, celles de Boston-sud, 121 à 145, celles de Boston-est, 151 à 175, celles de Roxbury 212 à 257.

(1) Les superficies sont respectivement :

Cité	700 hectares,	soit	12 hectares	par boîte.
Boston-sud . .	350 —	—	22 —	—
Boston-est . .	250 —	—	23 —	—
Roxbury . . .	850 —	—	34 —	—

Ensemble 2,150 hectares, soit en moyenne une boîte d'alarme pour dix-neuf hectares de superficie.

Le mécanisme d'alarme est contenu dans une caisse en fonte présentant sur le devant une porte fermée à la clef. Ces caisses, fixées aux murs dans les endroits les plus en évidence, ont environ $0^{m},30$ de largeur sur $0^{m},35$ de hauteur et $0^{m},12$ d'épaisseur. Le mécanisme des anciennes boîtes est très-simple ; il se compose d'un petit tambour en cuivre, portant sur sa circonférence des rainures remplies de gutta-percha et disposées de manière à représenter par leur nombre et leur position le numéro de la boîte. Après l'ouverture de la boîte, le seul objet apparent est une manivelle, calée sur l'axe du tambour ; à chaque tour de celui-ci, le courant est interrompu autant de fois qu'il y a de rainures sur le tambour ; chaque interruption marque un trait à l'appareil Morse du bureau central ; chaque tour de manivelle écrit une fois le numéro de la boîte. On recommandait de tourner la manivelle vingt-cinq fois de suite, avec lenteur ; il y avait cet inconvénient que la régularité de la transmission des signaux dépendait trop de la dextérité et du sang-froid de la personne qui manœuvrait la manivelle.

Depuis quelques années, on a adopté un nouveau système de boîtes, d'une construction plus compliquée, mais qui ont l'avantage de transmettre le signal mécaniquement. Les croquis des fig. 57 et 58, pl. XII, peuvent en donner une idée :

Les boîtes sont à triple enveloppe ; le mécanisme principal est enfermé dans une caisse cylindrique intérieure, fermée par un couvercle assujetti par trois vis. Le signal est donné, comme dans l'ancien appareil, par un tambour en cuivre avec rainures remplies de matière isolante ; l'axe de ce tambour porte une roue dentée qui commande le pignon d'un petit volant régulateur à ailettes, et un pignon au moyen duquel il reçoit lui-même le mouvement d'une roue dentée dont

l'axe fait saillie en dehors de la caisse. Sur cet axe se trouve calé, à l'extérieur du couvercle, un pignon engrenant avec un quart de cercle denté qui se termine par un levier au bout duquel est suspendu le poids moteur du mécanisme. Lorsqu'on abaisse le quart de cercle, en relevant le poids, le pignon extérieur tourne seul, sans imprimer le mouvement au reste du système, auquel il n'est relié que par un embrayage à déclic ; le poids étant ensuite abandonné à lui-même, sa descente fait faire au tambour un nombre de révolutions variant de sept à quatre suivant le plus ou moins de complication du numéro à indiquer.

Toute cette partie de l'appareil est renfermée dans une caisse rectangulaire qui contient en outre, à sa partie inférieure, un manipulateur Morse pour pouvoir au besoin correspondre avec le bureau central et un électro-aimant dont la bobine sert de passage au courant pour arriver au tambour indicateur. Cet aimant fait marcher un frappeur (*sounder*), qui répète les signaux et transmet les réponses qui pourraient arriver du bureau central. Lorsque l'appareil est au repos, la queue du levier s'appuye sur un contact, et établit le courant sans qu'il ait à passer par les spires de l'électro-aimant, qui créent une résistance considérable.

La seconde caisse est fermée par une porte sur laquelle se trouve fixé, à l'intérieur, l'organe au moyen duquel l'opérateur donne les signaux d'alarme; il se compose simplement d'un levier (indiqué en pointillé dans la fig. 57), dont un bout porte un mentonnet qui prend sous le levier du poids moteur; à l'autre bout se trouve un bouton qui passe dans une rainure en quart de cercle pratiquée dans la porte. Lorsqu'on ouvre la porte extérieure de la boîte, la porte de la seconde caisse restant fermée, on ne voit rien que ce bouton; il suffit de l'abaisser, ce qui relève le poids moteur, et

d'abandonner l'appareil à lui-même pour que le signal se répète le nombre de fois voulu. Les ingénieurs du bureau central ont seuls la clef de la seconde porte; la serrure de la porte extérieure est la même pour toutes les boîtes; chaque agent de police est porteur d'une clef; des clefs sont en outre déposées aux stations de police, et chez un ou plusieurs particuliers demeurant dans le voisinage immédiat. L'indication des endroits où l'on peut se procurer la clef est inscrite en gros caractères sur chaque boîte; toute personne qui découvre un incendie peut donc, en se transportant à la boîte la plus proche, donner l'alarme dans un délai très-court.

Le réseau télégraphique se compose de huit circuits fermés indépendants, desservant chacun un quartier de la ville, et aboutissant tous au bureau central. Les courants des divers circuits sont constamment en activité ; l'intensité de chaque courant doit être mesurée au galvanomètre de vingt en vingt minutes; une horloge spéciale enregistre les épreuves et permet de vérifier en tout temps si elles ont été faites régulièrement. Toute interruption de l'un quelconque des courants agit sur le récepteur Morse et fait en même temps marcher une sonnerie d'avertissement. L'alarme donnée par une boîte arrive ainsi à l'hôtel-de-ville.

L'annonce des incendies est répartie dans les divers points de la ville au moyen du renversement du courant dans les huit circuits. Toutes les stations de pompes, de tuyaux, etc., possèdent une cloche ou un fort timbre, mis en jeu par un mouvement d'horlogerie au moyen d'un poids que l'on monte de temps en temps. Le renversement du courant, au moyen d'une double bobine, fait jouer l'échappement de ce mouvement d'horlogerie et produit un coup de cloche; en renversant de nouveau le courant, le nombre de fois voulu et

avec les intervalles convenables, les marteaux des divers appareils d'alarme répètent tous en même temps le numéro de la boîte d'où le signal provient. On se sert aussi de ces appareils pour sonner un coup tous les jours à midi précis.

L'opération du renversement successif des courants se fait également d'une manière mécanique, au moyen d'un appareil particulier installé au bureau central ; il présente un cadran portant les dix chiffres, de zéro à neuf ; quatre aiguilles sont mobiles sur ce cadran ; la première correspond aux unités, la seconde aux dizaines, la troisième aux centaines ; en amenant chacune d'elles sur un des chiffres formant le numéro demandé, il suffit de faire jouer un déclic pour transmettre ce numéro aux divers postes. La quatrième aiguille avance d'un cran à chaque fois que le signal est répété.

Les alarmes sont généralement transmises aux postes dans la minute qui suit l'avertissement donné à la boîte.

Le personnel attaché au service du télégraphe d'alarme se compose d'un directeur (*superintendant*), au traitement de 7,600 francs (2000 dollars) par an, et de quatre employés (*operators*), à 15 francs par jour. Il y a, en outre, pour l'entretien et les réparations des appareils, trois mécaniciens recevant un salaire égal, et un aide payé à raison de frs 7,50 par jour.

Les « opérateurs » ont un service assez rude ; deux d'entr'eux, se relevant de trois en trois heures, doivent se trouver constamment au bureau central ; chacun est responsable du service pendant trois heures, et assiste, pendant les trois heures suivantes, celui de ses collègues qui l'a relevé ; il leur est interdit de dormir pendant leur temps de service ; ils peuvent se faire remplacer par un collègue, mais seulement sur une autorisation spéciale du directeur.

L'administration du service d'alarme est contrôlée par un comité composé de deux *aldermen* et de trois *councilmen* (conseillers communaux) ; ce comité nomme et révoque les employés, à l'exception du directeur, qui est nommé de la même manière que l'ingénieur en chef du service actif.

RÉPARTITION DES SECOURS.

Il me serait impossible de détailler la manière dont les secours de diverses natures sont répartis entre les différents quartiers de la ville sans entrer dans des détails qui seraient dénués d'intérêt. Je me bornerai à tâcher de faire saisir l'esprit qui préside à la répartition.

Des ordres de service émanant du conseil des ingénieurs font connaître à chacune des brigades les numéros des boîtes qu'elles ont à desservir sur premier, sur second et sur troisième appel. La distribution est faite de manière à amener immédiatement sur le lieu de l'incendie le nombre de pompes et la quantité de tuyaux et d'échelles présumés nécessaires, eu égard à la densité de la population et à l'importance des constructions. Lorsque la violence de l'incendie rend ces secours insuffisants, une seconde alarme et, dans certains cas, une troisième alarme, données de la boîte la plus proche, et répétées du bureau central, amènent de nouveaux contingents de pompes, de tuyaux et d'échelles.

La ville de Boston et ses faubourgs, formant quinze districts de police (*wards*), se composent des parties suivantes :

1° L'île de Boston-est, formant le premier district ; elle est séparée de la ville par un chenal de 500 à 600 mètres de largeur, et n'y est reliée que par des lignes de bateaux à vapeur.

2° La Cité proprement dite, comprenant les districts nos 2 à 11 inclus.

3° Le faubourg de Boston-sud, bâti sur une presqu'île reliée à la ville par trois ponts; il comprend le 12e district, et partie du 7e district.

4° L'ancienne commune de Roxbury, récemment annexée, sous le nom de « *Boston Highlands* », à la ville de Boston, dont elle forme la partie sud-ouest. Elle est divisée en trois districts, portant les numéros 13, 14 et 15.

Voici comment le matériel de secours est réparti entre ces quatre grandes sections :

Boston-est possède trois pompes à vapeur, une brigade de tuyaux et une brigade d'échelles. Les trois pompes à la fois doivent se rendre sur première alarme sur le lieu de tout incendie qui se déclare à Boston-est. L'une d'entr'elles (chacune pendant quatre mois désignés de l'année), a en outre à desservir, sur seconde alarme, les districts nos 2 et 4 et une partie du 3e district, qui forment la partie nord-est de la Cité. La brigade de tuyaux et la brigade d'échelles sont exclusivement réservées au service de Boston-est, et ne peuvent en sortir que sur l'ordre exprès d'un ingénieur. Une seconde alarme, donnée de Boston-est, amène encore deux pompes, deux brigades de tuyaux et une brigade d'échelles, stationnées dans la partie la plus proche de la Cité, et une troisième alarme, deux nouvelles pompes. Le matériel total, dans les cas extrêmes, est donc de sept pompes, avec onze cents mètres de tuyaux et une quarantaine d'échelles, le tout desservi par un personnel nominal de 107 hommes, non compris les mécaniciens, chauffeurs et conducteurs, ni les commandants de brigades.

Six pompes à vapeur, six brigades de tuyaux et deux brigades d'échelles sont stationnées en divers points de

la Cité, qu'elles desservent à première alarme, chacune dans le rayon qui lui est assigné, avec le concours d'une pompe de Roxbury et d'une brigade de tuyaux de Boston-sud. Au deuxième et au troisième appel, les brigades spécialement affectées au service du quartier où l'incendie s'est déclaré reçoivent des renforts des autres points de la ville et des faubourgs les plus proches. Le matériel complet qui peut être réuni sur le lieu du sinistre comprend, suivant les quartiers, sept à huit pompes, 1,800 à 2,000 mètres de tuyaux, 40 à 60 échelles, avec un effectif total de 140 à 180 hommes travaillant. En général une moitié, souvent au delà, de ce personnel et du matériel, ont à répondre à la première alarme.

Deux pompes à vapeur sont stationnées à Boston-sud ; elles ont à répondre, toutes deux ensemble, au premier appel dans toute l'étendue du faubourg, et l'une d'elles, à tour de rôle, pendant six mois désignés aux seconds appels de la partie limitrophe de la Cité. Deux postes de tuyaux y sont établis, tant pour le service local que pour celui d'une partie de la Cité; le faubourg dispose en outre, en cas de besoin, de quatre pompes de la Cité, d'une pompe de Roxbury, de cinq brigades de tuyaux et des deux brigades d'échelles de la Cité. A la première alarme répondent deux pompes, trois brigades de tuyaux, une brigade d'échelles; pour la partie nord-ouest du faubourg, qui est en même temps la plus importante et la plus rapprochée de la Cité, quatre pompes au lieu de deux sont amenées au premier appel. La quantité totale de matériel mise en réquisition par un troisième appel partant d'un point quelconque de Boston-sud se compose de sept pompes, 1,900 mètres de tuyaux, 40 échelles, avec un effectif travaillant de 140 hommes.

Roxbury possède pour le service local trois pompes

à vapeur, un poste de tuyaux et un poste d'échelles.

L'une des trois pompes doit porter secours au besoin à une partie de la Cité et à Boston-sud. La brigade de tuyaux et la brigade d'échelles peuvent également être requises par la Cité, mais seulement dans une zône très-restreinte et immédiatement voisine de Roxbury. La troisième alarme, au moins dans les parties les plus importantes de ce faubourg, réunit quatre pompes, cinq brigades de tuyaux et deux brigades d'échelles, comprenant ensemble un effectif de 109 hommes, avec environ 900 mètres de tuyaux.

Les renseignements suivants, extraits d'un rapport officiel, permettront d'apprécier la relation qui existe entre le service dont je viens d'exposer l'organisation et les besoins qu'il est appelé à satisfaire :

MOIS DE L'ANNÉE.	NOMBRE D'ALARMES (1).		PERTES causées par les incendies pendant l'année 1867.
	1866	1867	Fr.
Janvier	25	15	19,000
Février	13	16	10,000
Mars	22	19	66,000
Avril	14	18	68,000
Mai	26	18	127,000
Juin	21	12	79,000
Juillet	28	16	300,000
Août	12	8	10,000
Septembre	13	12	77,000
Octobre	23	25	134,000
Novembre	18	18	5,000
Décembre	10	25	633,000
TOTAUX	225	202	1,528.000

(1) Non compris Roxbury, dont l'annexion ne date que de janvier 1868.

J'ajouterai que ces chiffres, qui pourraient donner une idée peu favorable de l'efficacité des secours, ne peuvent être pris équitablement pour base d'une appréciation de ce genre.

Voici le relevé des dépenses occasionnées en 1868 par les diverses branches du service des incendies.

SERVICE D'ALARME.

	FRANCS.	FRANCS.
Appointements et salaires du personnel		46,700
Entretien et réparation des boîtes d'avertissement et des cloches d'alarme (y compris un droit de brevet de 7,600 fr.)		20,200
Matériel, outils et objets de consommation, mobilier, etc.		3,200
Frais généraux et dépenses diverses		9,000
Total.		79,100
A déduire pour vente de vieux matériaux.		300
Dépenses ordinaires.		78,800
Dépenses extraordinaires et frais de renouvellem.		12,100
Dépenses totales du service d'alarme.		90,900

FIRE DEPARTMENT PROPREMENT DIT :

Personnel.	Appointements et salaires. .		377,000
Matériel.	Augmentation : Trois pompes à vapeur	47,800	
	Trois équipages de tuyaux à deux roues	2,600	
	Un équipage de tuyaux à quatre roues	2,300	
	Un cheval	1,800	54,500
	Entretien : Pompes et équipages	34,600	
	Renouvellement et entretien des tuyaux et accessoires .	103,800	
	A reporter . . .		431,500

	Report. .		431,500
	Renouvellement des échelles et accessoires	2,900	141,300
Bâtiments.	Entretien ordinaire. . . .	11,500	
	Amélioration et entretien de divers locaux	88,200	99,700
Consommation et dépenses diverses.	Combustible, huile et graisse.	21,100	
	Nourriture et entretien des chevaux	44,400	
	Mobilier, literie, lessive . .	15,000	
	Diverses	32,500	113,000
	Total . . .		785,500
A déduire : vente de fumier et objets hors d'usage.			2,900
	Dépenses ordinaires.		782,600
Construction de deux locaux (l'un pour une brigade de tuyaux, l'autre devant servir de poste de pompe, station de police et salle d'école). . .			233,000
	Dépenses totales du « Fire Department ».		1,015,600

Les dépenses totales, pour l'ensemble des deux services, se sont donc élevées en 1868 à la somme de 1,106,500 francs.

OMNIBUS AMÉRICAINS.

L'usage des omnibus désignés sous le nom de « chemins de fer américains » a pris dans leur pays d'origine une très-grande extension; on pourra en juger par quelques chiffres qu'on trouvera ci-dessous; le succès des entreprises de ce genre doit être attribué principalement à deux causes : la bonne organisation du service et la modicité des tarifs.

Les lignes, à de rares exceptions près, sont à double voie ; le service est organisé de manière que les omnibus se suivent à des intervalles de cinq à dix minutes au plus, au moins sur les voies tant soit peu fréquentées ; on peut donc dire qu'en général on n'a pas à attendre, lorsqu'on désire prendre un omnibus.

Les voitures ne comprennent qu'une seule classe, contrairement à l'usage qui a été adopté en Belgique ; le tarif légal est de dollars 0,05 par personne; il a, dans certains cas, été porté à dollars 0,06, par suite de taxes locales frappées sur les compagnies d'omnibus ; ces prix correspondent respectivement, au pair, à frs 0,25 et 0,30 ; ils sont perçus sans égard à la distance parcourue et peuvent être considérés comme très-bas, si l'on tient compte de ce que l'argent a moins de valeur aux États-Unis qu'ici, et de ce que la plupart des lignes ont de 8 à 10 kilomètres au moins de parcours.

Voici, d'après M. Poor, des données relatives aux « *horse cars* » ou « *street railroads* » existant en 1867 dans les trois principaux centres de population des États-Unis :

	NEW-YORK.	PHILADELPHIE.	BOSTON ET BANLIEUE.	ENSEMBLE.
Nombre de lignes exploitées	13	17	18	48
Longueur exploitée, en kilomètres	156	246	236	638
Population par kilomètre exploité (d'après le recensement général de 1860)	5,170	2,285	(1) 1,125	2,560
Dépenses de premier établissement, en moyenne, par kilomètre . . . fr.	322,770	84,525	79,345	141,620
Recettes brutes, en moyenne, par kilomètre —	136,445	42,825	29,195	60,900
Dépenses d'exploitation, — — —	113,050	35,600	25,225	50,910
Bénéfices, — — —	23,390	7,225	3,930	9,990
Rapport moyen des dépenses aux recettes	0,829	0,830	0,865	0,836
Rapport des bénéfices aux frais de premier établissement	7,25 %	8,55 %	4,95 %	7,05 %

(1) Ce chiffre comprend seulement, outre la population de Boston, celle des villes manufacturières de Salem et de Lowell, et de la ville universitaire de Cambridge; je ne possède pas le chiffre de population des autres localités faisant partie de la banlieue de Boston.

PAVAGES EN BOIS.

On trouve dans beaucoup de villes des États-Unis un assez grand nombre de rues pavées en bois, d'après un système que je crois devoir décrire brièvement. Ce genre de pavage a l'avantage d'être très-propre et moins bruyant que les pavages ordinaires en pierre; il conserve une surface très-unie, qui n'est glissante en aucun temps; il ne résisterait pas à une circulation extrêmement active, telle, par exemple, que celle qui a lieu à New-York dans *Broadway*; je dois ajouter que l'établissement dans cette grande artère d'un pavage suffisamment résistant, et son entretien en bon état, sont considérés par les Américains comme un problème à peu près insoluble. Les pavages en bois étaient très en faveur à Chicago et paraissent n'avoir pas été étrangers aux désastreuses proportions prises par l'incendie qui a ravagé cette ville l'année dernière.

On employe pour le pavage des blocs parallélipipèdes en sapin, posés les fibres debout; leur longueur varie depuis $0^m,15$ à $0^m,20$ jusqu'à $0^m,20$ à $0^m,30$; leur épaisseur est d'environ $7\frac{1}{2}$ centimètres, et leur hauteur de $0^m,13$ et $0^m,15$; ils sont supportés par un plancher cintré dont les planches sont disposées suivant la longueur de la rue, et sont clouées sur des cintres transversaux espacés de 4 à 5 mètres. L'intervalle compris entre le sol et le plancher est rempli de sable damé. Les blocs sont disposés suivant des lignes transversales à la rue, composées alternativement de blocs longs et de blocs courts; l'ensemble représente à peu près l'appareil de maçonnerie dit en losange. Les lignes de blocs courts reposent directement sur le plancher; les blocs longs, qui sont un peu moins hauts, sont posés sur des lattes clouées à plat en travers du plancher; chaque bloc est fixé à celui-ci par une pointe oblique.

Des lattes, que l'on enlève à mesure de l'avancement du travail, sont interposées entre les différentes lignes, de manière à laisser des joints de 2 à 3 centimètres d'ouverture, que l'on remplit à moitié de gravier. Lorsqu'une certaine longueur de pavage a été posée, on verse abondamment dans ces joints du goudron bouillant, et on achève de les remplir de gravier, dont on recouvre également toute la surface.

Le prix de revient des pavages en bois était d'environ frs 13,50 par mètre carré.

Liége, le 21 août 1872.

MÉLANGES.



VIII. — LAMPES DE SURETÉ POUR LES MINES. — TRAVAUX DE LA COMMISSION INSTITUÉE PAR ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 20 JANVIER 1868.

Dans le compte rendu inséré au 2e cahier du présent volume (p. 306) deux tableaux d'expériences ont été omis : ceux relatifs aux lampes des systèmes Morrison et Morrison-Arnould. Nous les donnons ci-contre :

TABLEAU XV. —

NOMBRE ET CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.

DÉSIGNATION DES LAMPES.	VITESSE du MÉLANGE.	COURANT HORIZONTAL.							
		LAMPE VERTICALE.					LAMPE BALANCÉE.		
	mètres	Conditions ordinaires.	Tissu métallique imbibé d'huile et saupoudré de poussière de charbon.	Manœuvre spéciale (Sch) de la vanne.	Lampe inclinée.	Expériences durant 5 à 6 minutes.	Le gaz étant entré dans le mélange.	Avant et pendant l'arrivée du gaz. Balancement préalable.	Expériences non classées.
MORISSON Nº 2, exemplaire *a*.. . .	6 »	7	»	»	»	»	»	»	»
Exemplaire *b*.	6 »	4	»	»	»	»	»	»	»
Résultats généraux	6 »	11	»	»	»	»	»	»	»

Observations

Ces lampes sont d'une construction très-compliquée, éclairent assez mal dans l'air stagnant et s'éteignent à l'introduction dans l'appareil d'essai par le courant plongeant venant de la trappe. Sur 11 expériences à 6 mètres de vitesse, ces lampes n'ont donné lieu à aucun cas ni d'inflammation de gaz dans le cylindre extérieur, ni d'explosion au dehors. Il y a eu cinq extinctions totales; mais plusieurs de ces extinctions ont pu n'être qu'apparentes, parce qu'il était impossible d'avoir vue sous la toile horizontale inférieure.

La combustion du gaz remplit parfois tout le verre; elle se manifeste le plus souvent à la base

TABLEAU XVI. —

MORISSON-ARNOULD, exemplaire *a* .	6 »	5	»	»	»	»	»	»	»
Exemplaire *b*	6 »	4	»	»	»	»	»	»	»
Résultats généraux	6 »	9	»	»	»	»	»	»	»

Observations

Ces lampes sont d'une construction plus simple et d'un agencement beaucoup plus pratique que les précédentes ; mais elles brûlent encore plus difficilement et s'éteignent aisément, surtout l'exemplaire *a*, dont la toile intérieure, vers le sommet de la cheminée, est à mailles très-serrées.

Lampes Morisson.

Résultats.

Courant incliné. Ascendant.	Courant incliné. Descendant.	Cas d'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de combustion du gaz après l'extinction de la mèche. Nombre.	Cas de simple passage de la flamme dans le cylindre sans explosion extérieure. Nombre.	Explosions. Nombre.	Cas d'extinction totale simple. Nombre.	Cas de non extinction totale (on met fin à l'expérience) ou d'extinction complète produite par la manœuvre de la vanne. Nombre.	Observations.
»	»	7	7	»	»	4	3	
»	»	4	3	»	»	1	3	
»	»	11	10	»	»	5	6	

générales.

et il est probablement des cas où elle se restreint tout à fait en dessous de cette toile. Différents points de soudure de la pièce avaient coulé par l'effet de la chaleur.

La sous-commission avait soumis ces lampes à 19 expériences dans des mélanges explosibles animés d'une vitesse de 4 à 9 mètres ; les mêmes phénomènes avaient été observés et il est arrivé de plus que le gaz s'est enflammé entre les deux verres et a brûlé sous la toile horizontale supérieure.

Lampes Morisson-Arnould.

»	»	5	5	»	»	»	5	
»	»	4	4	»	»	»	4	
»	»	9	9	»	»	»	9	

générales.

Sur 8 expériences ces lampes n'ont fourni aucun cas ni d'explosion, ni de passage de la flamme dans le cylindre. Il n'y a pas eu de cas d'extinction totale et la flamme a paru passer entre les deux verres dans l'une des expériences faites sur l'exemplaire *b*.

IX. RÉSUMÉ DES OPÉRATIONS DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT PENDANT LES EXERCICES 1871 ET 1872.

Nous extrayons des comptes-rendus de M. le Ministre des Travaux Publics aux Chambres législatives, les renseignements suivants, sur les opérations des chemins de fer de l'État, pendant les exercices 1871 et 1872.

A. — *Développement des lignes.*

	SITUATION		DIFFÉRENCES EN 1873.	
	au 1er janvier 1873.	au 1er janvier 1871.	En plus.	En moins.
	Mètres cts.	Mètres cts.	Mètres cts.	Mètres cts.
Exploitation par l'État . . .	1,547,920	868,682	679,238	»
Exploitation par les Cies. . .	1,676,505	2,028,309	»	351,804
Ensemble. . .	3,224,425	3,896,991	679,238	351,804
			en + 327,434	

Les 679,238 mètres courants exploités en plus par l'État proviennent notamment de la reprise des lignes des Bassins-Houillers, et en 1872 de celle de Pepinster à Gouvy.

B. — *Voies principales et voies accessoires.*

Développement au 1er janvier 1873.	Voies principales	2,328,916	mètres courants.
	Voies accessoires	697,802	»
	Ensemble	3,026,718	»

Les voies accessoires représentaient environ 29 % des voies principales.

C. — *Rails.*

La substitution des rails forts aux rails faibles, c'est-à-dire pesant moins de 34 kilos par mètre courant, s'est continuée en 1871 et 1872.

Il a été, en outre, fait une première application de rails en acier pendant ces mêmes années.

Au 1er janvier 1873, il existait dans les voies :

Rails de moins de 34 kos		229,706	mètres courants.
» de 34 kos		3,203,903	»
» de plus de 34 kos	fer	2,545,896	»
	acier	73,933	»
Ensemble		6,053,438	»

Sur ce nombre, 2,824,838 mètres courants étaient éclissés.

D. — *Billes.*

		AVEC PRÉPARATION.	SANS PRÉPARATION.
Situation au 1er janvier 1873.	Chêne	529,749	1,021,729
	Sapin	1,722,852	11,444
	Autres essences	10,959	1,180
		2,263,560	1,034,353
		3,297,913	
	Métal	8,696	
	Ensemble	3,306,609	

Le procédé Bethell (créosotage) continue à être suivi dans la préparation des billes. Les prix payés en 1871 et 1872 sont de 5,55 à 5,70 par bille de chêne non préparé, et de 6,05 à 6,30 par bille de chêne préparé et de 3,78 par bille de sapin préparé.

E. — *Locomotives.*

Situation au 1er janvier 1873.	Machines existant au 1er janvier 1871 . . .	371
	» reprises à la Cie des Bassins-Houillers	156
	» neuves mises en service en 1871 et 1872.	128
	Ensemble . . .	655
	Machines démolies en 1871 et 1872	17
	Reste . . .	638

Ces 638 machines représentaient une force de 98,050 chevaux, soit une moyenne de 154 chevaux par machine.

Le parcours des locomotives remorquant des trains (voyageurs et marchandises) a été de 13,849,081 kilomètres en 1871, et de 15,487,785 kilomètres en 1872.

F. — *Matériel de transport.*

Situation au 1er janvier 1873.	Voitures existant au 1er janvier 1871	13,377
	» reprises à la Cie des Bassins-Houillers .	7,287
	» neuves mises en service en 1871 et 1872	5,200
	Ensemble . . .	25,864
	Voitures démolies en 1871 et 1872.	591
	Reste . . .	25,273

Ce matériel a fousni un parcours total de 191,955,314 kilomètres en 1871 et de 222,431,651 kilomètres en 1872.

G. — *Mouvements et recettes.*

Les mouvements et les recettes de 1871 et de 1872 sont mis en regard de ceux de 1870 dans le tableau suivant :

NATURE DES TRANSPORTS.	QUANTITÉS TRANSPORTÉES EN			PRODUIT EN		
	1870.	1871.	1872.	1870.	1871.	1872.
				Frs. C.	Frs. C.	Frs. C.
Voyageurs . . . . nombre.	14,134,356	18,282,037	23,197,623	16,139,076 72	20,468,188 91	21,648,343 43
Bagages. Colis taxés au minimum .	115,751	142,898	152,112	61,747 79	72,715 79	78,256 19
Bagages. Id. au poids. Quint.	123,254	161,974	146,663	614,647 98	891,493 15	727,287 26
Petits paquets et petites march. kilog.	153,154,772	205,720,606	187,749,714	3,500,577 33	4,825,157 53	4,370,533 93
Grosses marchandises. . . tonnes.	7,614,333	10,998,970	13,076,981	22,136,637 97	34,609,824 87	38,574,124 70
Finances . . . . groups.	1,202,062	1,268,834	1,201,811	313,548 92	353,321 87	334,900 12
Équipages. . . . . nombre.	436	524	391	16,784 87	24,483 22	18,117 37
Chevaux et bestiaux . . . expédit.	32,549	36,466	37,268	548,465 48	709,443 30	675,334 69
Produits extraordinaires.	»	»	»	1,975,092 16	4,951,630 65	3,237,390 77
			Ensemble. . .	45,306,479 22	66,906,259 29	69,664,288 46

H. — *Transit et services internationaux.*

Le tableau suivant donne le relevé du mouvement et de la recette propres au transit et aux services internationaux en 1871 et en 1872.

NATURE des TRANPORTS.	MOUVEMENT EN		RECETTE EN	
	1871.	1872.	1871.	1872.
			Frs. C.	Frs. C.
Voyageurs — 1re classe . . .	239,031	243,427	2,071,326 59	2,036,960 71
Voyageurs — 2e classe . . .	157,952	159,119	827,484 94	818,710 28
Voyageurs — 3e classe . . .	329,536	413,235	303,148 60	448,814 95
Voyageurs — extraordinaires	9,281	9,168	14,285 19	13,618 97
	Expéditions.			
Bagages — au minimum .	35,404	39,392	17,260 15	19,810 39
	Quintaux.			
Bagages — au poids. . . .	66,902	57,162	496,969 06	391,085 43
	Équipages.			
Équipages.	202	156	10,320 66	7,963 80
	Expéditions.			
Animaux.	4,853	6,675	127,148 34	150,050 16
	Groups.			
Finances.	520,530	439,910	110,331 59	99,189 40
	Kilogrammes.			
Petits paquets. . .	4,242,748	2,842,925	431,888 97	334,061 24
	Quintaux.			
Petites marchand.	318,699	262,413	713,061 10	520,243 99
	Tonneaux.			
Grosses marchand.	2,384,034	4,209,949	7,178,161 21	9,931,496 97
Produits extraord.	»	»	34,181 88	155,401 11
Ensemble. . .			12,335,568 28	14,927,407 40
Tantième p. % de la recette générale.			18.44	21.43

I. — *Dépenses de premier établissement.*

Les capitaux successivement alloués pour couvrir les dépenses de pre-

mier établissement du chemin de fer s'élevaient au 31 décembre 1872 à . . . . fr. 343,485,978,64

Sur ce montant, il avait été prélevé une somme de fr. 326,937,591,42 se répartissant ainsi :

1° Lignes construites de station à station aux frais du Trésor et parachèvement de lignes concédées exploitées par l'Etat . . . . . . fr.	153,024,661,67	
2° Lignes de raccordement, de ceinture. etc.	21,125,866,84	
3° Bâtiments et dépendances des stations	58,538,494,27	
4° Dépenses générales (personnel, études de projets, frais de conduite, de bureau, etc.)	5,784,375,62	
5° Matériel de traction et de transport	71,276,659,43	
6° Somme payée au comptant, pour la reprise d'une partie du matériel de la Cie des Bassins-Houillers. . . .	13,439,629,40	
7° Somme remboursée à cette même Cie du chef d'une avance faite par elle pour compléments d'installations, doubles voies, etc.	3,000,000,00	
8° Frais d'exploitation prélevés sur le produit des emprunts en 1835 et en 1836, avant la constitution d'un budget annuel	700,979,38	
9° Sommes restées sans emploi et ayant fait retour au Trésor. . . .	16,924,81	
		326,937,591,42

Restant disponible au 1er janvier 1873, mais engagé dans des travaux projetés ou entamés. 16,548,387,22

Le coût du kilomètre de route construit et exploité par l'Etat s'élevait à la même date à fr. 468,033,27.

J. — *Recettes et dépenses en* 1871 *et* 1872.

	1871.	1872.
Recette brute . . . . fr.	66,906,259 29	69,664,288 46
Dépenses d'exploitation (1). . fr.	34,811,581 62	41,763,028 54
Recette nette. . . fr.	32,094,677 67	27,901,259 92

Réparties sur les différentes unités du travail de l'exploitation, la recette et la dépense en 1871 et en 1872 donnent les résultats suivants :

	PAR KILOMÈTRE EXPLOITÉ.	PAR LOCOMOTIVE-KILOMÈTRE.	PAR VOITURE-KILOMÈTRE.	PAR TRAIN-KILOMÈTRE.
	1871.			
Recette brute . . fr.	47,043 74	4,831 09	0,410 04	4,939 25
Dépense. . . . . fr.	24,477 03	2,513 64	0,213 34	2,569 91
Recette nette. . fr.	22,566 71	2,317 45	0,196 70	2,369 34
	1872.			
Recette brute. . fr.	47,403 10	4,498 01	0,373 56	4,546 30
Dépense. . . . . fr.	28,417 67	2,696 51	0,223 94	2,725 46
Recette nette. . fr.	18,985 43	1,801 50	·0,149 62	1,820 84

K. — *Combustibles.*

La valeur des combustibles consommés en 1871 et en 1872 est respectivement de fr. 2,549,180 47 et fr. 3,543,695 64.

En 1870 cette valeur était de fr. 1,310,744 47.

(1) Abstraction faite des travaux d'amélioration et de parachèvement imputés sur les allocations budgétaires.

L. — *Huiles et graisses.*

Les huiles et les corps gras employés au chauffage et à l'éclairage ont atteint une valeur de fr. 1,138,612 36 en 1871 et de fr. 1,301,949 88 en 1872.

La consommation de 1870 n'avait atteint qu'une valeur de fr. 736,810 03.

BIBLIOGRAPHIE.

OUVRAGES BELGES ET FRANÇAIS.

Notice sur l'installation des appareils à comprimer l'air et de perforation aux charbonnages de la Société de Marihaye, par Dubois et François. (Liége).

Géologie de la France par Amédée Burat, professeur d'exploitation des mines, à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures. (Paris).

Nouvelle mécanique industrielle par M. L. Pochet, ingénieur des ponts et chaussées. (Paris).

Lithologie du fond des mers, par M. Delesse, ingénieur en chef des mines, professeur à l'Ecole des Mines et à l'Ecole normale. (Paris).

Carte de la production, de la circulation et de la consommation des minerais de fer, de zinc, de plomb et des pyrites, en Belgique, pendant l'année 1871, par Adolphe Firket, ingénieur au Corps des mines.

Dictionnaire des Arts et Manufactures, par M. Laboulaye, nouvelle édition.

Le sucre, par M. Dubrunfaut.

OUVRAGES ALLEMANDS.

Karte über die production, consumtion, und circulation der mineralischen Brennstoffe in Preussen während des jahres 1871. (Carte de la production, de la consommation et de la circulation des combustibles, minéraux, en Prusse, pour 1871).

Ausführlichen Handbuch der Eisenhüttenkunde, par Percy-Wedding. (Manuel raisonné des usines à fer).

Das Eisen auf der Wiener-Welt Austellung, par Kerpely. (Le fer à l'Exposition universelle de Vienne).

Handbuch des Berg-Hütten und salinenwesens, par Kletke. (Manuel des mines, usines et salines).

Die nutzbaren Mineralien und gebirgsarten in Deutschen Reiche, par Von Dechen. (Les minéraux et les roches utiles dans l'empire allemand).

COMMISSION DIRECTRICE

DES

ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

TABLE

DES MÉMOIRES, RAPPORTS ET DOCUMENTS

CONTENUS

DANS LE 31e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS

TABLE

ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES.

CONTENUS DANS LE 31e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS

BES PNEUMATI

PL. 1.

